

Aus dem Institut für Veterinär-Pharmakologie
Abteilung für Experimentelle Therapie und Funktionelle Pathologie
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. phil. Dr. med. vet. Dr. med. G. Schützler

Flammenphotometrische Untersuchungen
über den Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegel des Rindes
im Verlauf von 24 Stunden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung
des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans-Ulrich Sprenger
Tierarzt aus Lieberose N/L

Berlin 1963
Journal Nr. 447

W. WEHMEIER KG

Technische Fotografie Kolor-Offsetdruck
Berlin 65 Prenzl. 28-30 Tel. 46 89 28

Aus dem Institut für Veterinär-Pharmakologie
Abteilung für Experimentelle Therapie und Funktionelle Pathologie
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. phil. Dr. med. vet. Dr. med. G. Schützler

Flammenphotometrische Untersuchungen
über den Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegel des Rindes
im Verlauf von 24 Stunden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung
des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans-Ulrich Sprenger
Tierarzt aus Lieberose N/L

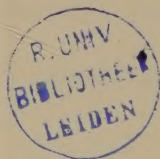
Berlin 1963
Journal Nr. 447

Gedruckt mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. H. J. Heidrich
Referent: Prof. Dr. Dr. Dr. G. Schützler
Korreferent: Prof. Dr. H. J. Heidrich

Tag der mündlichen Prüfung:

18. Dezember 1963



I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

=====

	Seite
A. Einleitung	1
B. Literatur	2
I. Angaben über Na-, K- und Ca-Serum- bestimmungen beim Rind	2
II. Methoden der Elektrolytbestimmungen im Serum	5
III. Flammenphotometrie	6
Grundlagen der Flammenphotometrie	6
Flammenphotometer	7
Zu beachtende Fehlerquellen	8
Zum Fehler der einzelnen Analysen- ergebnisse	10
C. Eigene Untersuchungen	12
I. Versuchstiere und Methode	12
Versuchstiere	12
Blutentnahme und Serumgewinnung	13
Das Flammenphotometer	14
Eichlösungen und Eichung des Gerätes	15
Serumverdünnungen	16
Beschreibung des Meßvorganges	16
Fehlerquellen und methodischer Fehler	17
II. Untersuchungsergebnisse	18
Untersuchungsgruppe I	18
Untersuchungsgruppe II	25
III. Statistische Auswertung der	
Untersuchungsergebnisse	33
Aufstellung der zu prüfenden Fragen	33
Statistische Verfahren	35
Paarweiser Vergleich	35
Regression	36
Häufigkeitsverteilung	39

II

	Seite
Zusammenstellung der statistischen	
Ergebnisse	39
Natrium	39
Kalium	41
Calcium	42
D. Besprechung der Ergebnisse	47
E. Zusammenfassung	52
F. Literaturverzeichnis	54
G. Anhang	
Tabellen mit allen ermittelten Na-, K-	
und Ca-Serumwerten	63

A B B I L D U N G S V E R Z E I C H N I S

=====

Abb. 1 Verhalten der Na-, K- und Ca-Serumkonzentra- tionen über 24 Stunden (Rd. 11, Gruppe I)	19
Abb. 2 Darstellung des mittleren Serumspiegels von 15 Kühen über 24 Stunden (Gruppe I)	24
Abb. 3 Verhalten der Na-, K- und Ca-Serumkonzentra- tionen über 84 Stunden (Rd. 1, Gruppe II)	27
Abb. 4 Verhalten der Na-, K- und Ca-Serumkonzentra- tionen über 84 Stunden (Rd. 8, Gruppe II)	28
Abb. 5 Verhalten des mittleren Na-, K- und Ca- Serumspiegels über 84 Stunden von 10 Kühen (Gruppe II)	32
Abb. 6 Na-, K- und Ca-Serumspiegel im Verlauf von 24 Stunden (Gruppe II, zusammengefaßt)	34
Abb. 7 Häufigkeitsverteilungen nach Tabelle d	45
Abb. 8 Darstellung der Regressionsgeraden	46

E I N L E I T U N G

=====

Störungen des Mineralstoffwechsels bei Krankheiten der Rinder haben in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Für die Diagnose und Therapie und für Untersuchungen der Regulationsmechanismen der Elektrolyte ist die Kenntnis der Normalwerte im Blutserum gesunder Rinder notwendig. Die bisherigen Angaben über ihre Höhe sind aus einmaligen Untersuchungen einzelner Tiere gewonnen worden. Es liegen keine Befunde über das Verhalten des Elektrolytserumspiegels im Ablauf von 24 Stunden vor.

"- Die Lehrbücher enthalten meist nur Angaben über Normalwerte bestimmter Größen - etwa eines Plasmabestandteiles -, nicht aber über die tagesperiodischen Maxima und Minima sowie deren zeitliche Lage."

(ASCHOFF 4)

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist, das Verhalten des Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegels gesunder Kühe im Verlauf von 24 Stunden zu untersuchen und außerdem zu prüfen, ob die Elektrolyte rhythmischen Schwankungen unterliegen und darüberhinaus zwischen den Tages- und Nachtwerten Unterschiede bestehen.

L I T E R A T U R

=====

I Angaben über Na-, K- und Ca-Serumbestimmungen beim Rind

SCHÜTZ (45) untersuchte 34 Rinder auf den Serumgehalt an Na, K und Ca und gibt die Mittelwerte für Na mit $322,28 \pm 7,61$ mg/%, K mit $21,80 \pm 2,07$ und für Ca mit $10,17 \pm 0,68$ mg/% an. 68,3 % aller Calciumwerte lagen im Bereich von 9,5 bis 10,85 mg/%. Die Schwankungsbreite der Na-Serumkonzentration reichte von 314,7 bis 329,9 mg/%, die der K-Werte von 17,9 bis 23,9 mg/%. Für Kälber sind nach seinen Untersuchungen die mittleren Serumkonzentrationen für Na mit $329,2 \pm 5,6$, Kalium $23,66 \pm 2,01$ und für Calcium mit $10,81 \pm 0,43$ mg/% höher, als bei erwachsenen Rindern. Zwischen tbc-kranken und gesunden Rindern hat er keine unterschiedlichen Elektrolytserumkonzentrationen festgestellt, aber vier an Maul- und Klauenseuche erkrankte Rinder hatten Natriumwerte außerhalb des Streubereiches gesunder Tiere.

GAFNER (11) hat einen möglichen Einfluß der Heu- und Grasfütterung auf den Natrium- und Kaliumplasmagehalt untersucht. Während der Heufütterungsperiode hat er 16 Kühen mehrmals Blutproben entnommen und für diese Untersuchungen ein Na-Mittelwert von 316,0 mg/% mit einer Schwankungsbreite von 302 bis 332 mg/% und einen Kaliummittelwert von 14,0 mg/% mit einer Schwankungsbreite von 12,9 bis 15,3 mg/% angegeben. Zur Zeit der Grasfütterung ergaben seine Untersuchungen an 20 Kühen einen Natriummittelwert von 315,9 mg/%, aus Einzelwerten zwischen 310 und 322 mg/%. Der Kaliumplasmamittelwert ist mit 12,7 mg/% und einer Schwankungsbreite von 10,0 bis 14,2 mg/% niedriger, als während der Heufütterung. Die Na-Konzentrationen sind zu beiden Untersuchungsperioden gleich.

Im Rahmen von Stoffwechseluntersuchungen an Rindern bestimmte ARTMEIER (3) die Natrium- und Kaliumserumkonzentrationen von 4 Tieren und fand für Natrium Werte von 316 bis 326 mg/% und für Kalium von 22,15 bis 27,5 mg/%.

Von 314 klinisch gesunden männlichen und weiblichen Rindern untersuchte KORNBERG (27) die Serumnatriumkonzentrationen

und gibt Werte von 346 bis 358 mg/% mit Streuungen von 4,08 bis 6,37 mg/% an. Er schlägt vor, für den praktisch klinischen Gebrauch einen Durchschnittswert von 351,0 mg/% Na (Rinder im Alter von 5 Jahren) anzunehmen. Dabei soll bei jüngeren Rindern pro Jahr ein mg/% abgezogen werden und bei älteren Tieren ein mg/% zugezählt werden, wobei er eine Streuung von ± 15 mg/% als physiologische Schwankungsbreite ansieht.

SANDER (42) untersuchte bei 200 Rindern im Alter von zwei Wochen bis zu 20 Jahren (männliche und weibliche Tiere) den Serumkaliumgehalt. Er findet als Mittelwert für alle untersuchten Tiere 24,26 mg/% $\pm 0,527$ K. Bei der Einteilung der Tiere in Altersgruppen sind bei den Kälbern gegenüber den anderen Tieren die Kaliumserumwerte signifikant höher. Eine geringgradige Abnahme des Kaliums mit zunehmenden Alter ist zu ersehen, aber statistisch nicht gesichert. Auch haben männliche Tiere nach seinen Angaben einen höheren Serumkaliumgehalt, als weibliche Tiere.

KMENT (24) untersuchte den Kaliumgehalt des Blutserums von 17 Kühen, 9 Ochsen und 27 Kälbern. Er gibt den Mittelwert aus allen Untersuchungen für Kalium mit 22,70 mg/% bei Schwankungen von 20,29 bis 25,72 mg/% an.

Den Einfluß der Betäubung bei der Schlachtung auf die Ca- und K-Serumkonzentrationen untersuchte NESENI (31,32). Er konnte durch die Betäubung bei Rindern eine Erhöhung des Calciumserumspiegels um 12,1 % und des Kaliumspiegels um 3,8 % feststellen. Für Kälber gibt er die Erhöhung mit 1,4 % für Calcium und mit 1,5 % für Kalium an. Die Blutproben für die Bestimmungen nach der Betäubung wurden aus der Vena jugularis entnommen. Auf Grund anderer Untersuchungen an 4 Rindern gibt er für Calcium 9,81 mg/% und für Kalium 21,41 mg/% als Normalwerte an. Er ermittelte aus Untersuchungen an 26 Kälbern einen Durchschnittswert von 11,8 mg/% Ca und 18,55 K im Durchschnitt unter denen von nichtträchtigen Kühen.

Nach HIPPMANN (16) schwankt der Calciumgehalt des Blutserums der Rinder in Grenzen von 7,70 bis 10,05 mg/% bei einem Durchschnittswert von 10,25 mg/%. Kälber haben höhere Werte

als ältere Tiere.

SEEKLES (46) bestimmte den Serumcalciumspiegel von Rindern, die an Maul- und Klauenseuche erkrankt waren und findet einen Durchschnittswert von 7,2 mg/%. Als Mittelwert für gesunde Tiere gibt er 9,3 mg/% Calcium im Blutserum an.

Neben anderen Serumbestandteilen benutzt ALIKAEV (1) die Serumcalciumkonzentration als Maß für die Qualität und Hingänglichkeit der Fütterung der Tiere. Für Kälber, Bullen, Jungrinder und Kühe gibt er mittlere Calciumserumwerte von 9,7 mg/% bis 12,4 mg/% an, die ausreichend gut gefüttert sind.

KOLB (26) gibt für zwei Rinder Calciumserumwerte aus Untersuchungen über mehrere Tage mit 11,1 und 9,9 mg/% an.

Im Rahmen von haematologischen Studien an einer Herde Kühe, in der häufiger Leukose beobachtet wurde, hat THIELSCHER (53) im Verhältnis zu anderen Blutbestandteilen (Zellen, organische und anorganische) für Natrium und Calcium ebenfalls Normalverteilungen gefunden, aber für die Kaliumserumwerte einen Überschuß an höheren Werten im Verhältnis zur Normalverteilung festgestellt.

Den Einfluß verschiedener Eiweißrationen auf den Reststickstoff-, Calcium- und Magnesiumgehalt des Rinderblutes hat RUSTIGE (41) untersucht. Er hat festgestellt, daß die Serumcalciumwerte nach Futter mit verschiedenen hohen Rohproteinanteilen drei bis fünf Stunden nach der Fütterung um 0,3 bis 1,0 mg/% niedriger sind, als vor der Fütterung, worauf sie nach weiteren fünf Stunden wieder den Ausgangswert erreichen. Bei der Umstellung von der Winter- auf Grasfütterung und nach Verabreichung größerer Portionen Sojaschrot hat er ein Sinken des Calciumserumspiegels für die gleichen Untersuchungszeiten bis zu 2,6 mg/% beobachtet. Durch Eingaben größerer Mengen Harnstoff hat er schwere Tetanien bei einigen Kühen erzeugt. Während der Krampfanfälle hat er Senkungen des Calciumserumspiegels bis zu 2,5 mg/% festgestellt. MEYER und RUSTIGE (30) konnten nach Gabe von Futtermitteln mit verschieden hohem Eiweißgehalt keine wesentlichen Veränderungen des Calciumserumspiegels beobachten.

Den Serumcalciumspiegel von Kühen während der Rübenblattfütterung fand UHLENBRUCK (54) um ca. 80 % erhöht.

Einen signifikanten Abfall der Plasmanatriumkonzentration bei Rindern beobachtet STORRY (52) nach Weideauftrieb, nicht aber der Kalium- und Calciumwerte.

ZUCKER (58) findet nach Weideauftrieb ein Sinken des Calciumserumspiegels, danach aber einen Anstieg der Serumwerte über die mittlere Konzentration, die er während der Stallhaltung beobachtet hat.

BRÜGGEMANN und Mitarbeiter (8) konnten durch Injektionen von Oestrogenen in der Mehrzahl ihrer Versuche den Calciumserumspiegel bei Rindern senken.

II Methoden der Elektrolytbestimmungen im Serum

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse wurden mit den verschiedensten Methoden erzielt. Dadurch unterscheiden sich teilweise die Ergebnisse.

Im HOIPE - SEYLER - THIERFELDER (17) ist eine Gesamtdarstellung der gebräuchlichen Na-, K- und Ca-Bestimmungsmethoden zu finden. Alle Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Die häufiger angewandten Kaliumbestimmungen unterzieht SANDER (42) einer kritischen Betrachtung. Die emissionsflammenphotometrische Methode ist nach HERRMANN (14), SANDER (42), AMROUSI (2) u. a. den chemischen Bestimmungsmethoden überlegen. SCHÜTZ (45), GAFNER (11), KORNBERG (27), SANDER (42) und HEINE (13) haben ihre Bestimmungen mit Hilfe der Flammenphotometrie durchgeführt.

Eine neuere Bestimmungsmethode für Natrium und Kalium in biologischem Material beschreiben PIJK und HOSTE (35). Diese beruht darauf, daß durch einen Neutronenstrom von diffundierter Größe über eine bestimmte Zeit Natrium in ^{24}Na und Kalium ^{42}K überführt werden, um dann die Strahlungsintensitäten mit geeigneten Instrumenten (Endfenster-Geiger-Müller-Zähler, Ein-Kanal-Spectrometer) quantitativ zu bestimmen. STEVENSON und WILSON (51) berichten über ein Bestimmungsverfahren für Calcium und Magnesium, bei dem die zu bestimmenden Elemente mit einem Ionenaustauscher aus dem biologi-

ischem Material herausgelöst und anschließend titrimetrisch (mit dem di-Natriumsalz der Äthylendiaminessigsäure - EDTA -) quantitativ bestimmt werden.

HERRMANN und LANG (15) berichten über Natrium- und Kaliumanalysen mit Hilfe der Absorptionsflammenphotometrie. Sie sehen in der Unabhängigkeit von der Flammentemperatur und von den variablen Einflüssen der organischen Serumbestandteile in den Untersuchungslösungen brauchbare Vorteile. Vergleichende Untersuchungen mit der Emissionsmethode sind befriedigend.

III Flammenphotometrie

Die Methode der Flammenphotometrie zur Bestimmung der Elektrolyte Natrium, Kalium und Calcium hat sich in der Medizin gegenüber Verfahren, die auf Leitfähigkeitsmessungen oder Farbreaktionen beruhen, allgemein durchgesetzt.

Grundlagen der Flammenphotometrie

Nach dem Bohr-Rutherford'schen Atommodell bewegen sich um einen positiv geladenen Atomkern die negativen Elektronen auf stationären Bahnen, wie die Planeten um die Sonne. Die zweite Quantenbedingung sagt aus, daß nur sprunghafte Übergänge (sog. Quantensprünge) der Elektronen zwischen diesen Bahnen möglich sind, wobei entweder Lichtemission oder Aufnahme von Energie erfolgt. Nimmt ein elektrisch neutrales Atom Energie auf, z.B. in einer Flamme, so kommt es zu einem Quantensprung. D. h. ein Elektron springt von einer energieärmeren auf eine energiereichere Bahn. Man spricht dann von einem angeregtem Atom. Nach einer Verweildauer von ca 10^{-8} sec. fällt dieses Elektron unter Energieabgabe in Form von Lichtemission auf die energieärmere Ausgangsbahn zurück. (BEIER und DÖRNER 6, HERRMANN 14, WESTPHAL 57). Auf Grund der jedem Atom eigentümlichen Bahnanordnungen hat das nach Anregung des Atoms erscheinende Emissionslicht für jedes Atom charakteristische Spektrallinien. Die verschiedenen Linien und Banden eines Elementes entstehen dadurch, daß das mobile Elektron über Zwischenbahnen auf eine energie-

ärmere Stufe zurückfallen kann HERRMANN (14). Die Möglichkeit der thermischen Anregung von Atomen in einer Flamme und die Abhängigkeit der emittierten Gesamtstrahlung der Flamme von der Anzahl der Atome, wird zu quantitativen Analysen ausgenutzt.

Da bei Analysen von Serum, Urin, Liquor u. a. stets verschiedene Elemente in den Untersuchungslösungen vorhanden sind, entsteht beim Verbrennen der Untersuchungslösungen ein Mischlicht, aus dem die charakteristische Strahlung des quantitativ zu bestimmenden Elektrolytes eliminiert werden muß. Das geschieht mit Hilfe von Monochromatoren oder durch selektive Filter (HERRMANN 14, HEINE 13, KORTUM 28).

Das selektierte Licht wird mit photoelektrischen Empfängern registriert. Diese haben den lichtelektrischen Effekt (Photoemission) zur Grundlage. Seinen physikalischen Erscheinungsbildern nach unterscheidet er sich in einem äußeren - und inneren lichtelektrischen Effekt (BEIER und DÖRNER 6, KORTUM 28, WESTPHAL 57). In den Photoelementen (Sperrschichtphotozellen, Sperrschichtelementen) wird der innere lichtelektrische Effekt und in den Photozellen (Vakuumpphotozellen und Sekundärelektronenvervielfacher, letztere auch Multiplier genannt) der äußere lichtelektrische Effekt angewendet. Als photoelektrische Empfänger (lichtelektrische Wandler) sind diese in Flammenphotometern eingebaut. Ihre Aufgabe besteht darin, das selektierte Emissionslicht in dazu proportionale elektrische Ströme umzuwandeln. Photozellen sind gegenüber den Photoelementen durch ihre Alkali- und Erdalkaliphotoschichten empfindlicher. Multiplier haben durch ihren verstärkenden Effekt (Verstärkungsfaktoren bis 10^6) an Bedeutung für die Flammenanalyse gewonnen, da sie die anderen Strahlungsempfänger an Empfindlichkeit übertreffen.

Flammenphotometer

Über eine geeignete Zuleitung wird die zu analysierende Lösung durch einen Zerstäuber oder direkt (Zerstäuber-Brenner-Kombination) (HERRMANN 14, HEINE 13) einer Flamme zugeführt, in der es zu der oben beschriebenen Anregung und Licht-

emission kommt. Durch eine Optik (Kondensor-Linse) fällt ein Teil der Gesamtstrahlungsintensität der Flamme in den Monochromator oder auf Filter, wobei in beiden Fällen nur die gewünschte Linie oder Bande eines Elementes passieren kann. Dazu passend ist der Strahlungsempfänger angeordnet, der das Licht entsprechend seiner Qualität in elektrische Ströme umwandelt. Diese können mit Hilfe elektrischer Meß- und Anzeigeinstrumente bestimmt werden und gelten dann als Maß für die Konzentration des der Linie oder Bande entsprechenden Elementes in der Analysenlösung.

Zwei Bedingungen müssen bei der Durchführung von Analysen mit Flammenphotometern ständig erfüllt sein: 1. Die Zufuhr der Analysenlösung muß zu jeder Zeit konstant sein. 2. Die Qualität der Flamme soll stets gleich bleiben. Ändert sich eine dieser Forderungen, so sind die Bedingungen für eine quantitative Analyse nicht mehr gegeben.

In Flammenspektrophotometern sind für die Eliminierung bestimmter Linien und Banden Monochromatoren eingebaut. Flammenfilterphotometer haben Filtersätze für bestimmte Anforderungen. Flammenspektrographen haben zum Unterschied von anderen Flammenphotometern keinen lichtelektrischen Wandler, da bei ihnen die Schwärzung einer Photoplatte durch die Linien- oder Bandintensität als Maß für die Konzentration eines Elementes in der Untersuchungslösung benutzt wird (HERRMANN 14, KORTUM 28). Über den Aufbau verschiedener Flammenphotometer berichtet HERRMANN (14) ausführlich.

Zu beachtende Fehlerquellen

Bei der Durchführung und Anwendung der Flammenphotometrie muß auf einige grundsätzliche Fehlerquellen geachtet werden. Bei den hohen Verdünnungen kommt es auf größte Genauigkeit der Serumverdünnung und Herstellung der Eichlösungen an. Geringste Verunreinigungen führen zu falschen Ergebnissen. Die Glasgeräte müssen alkalifrei sein, desgleichen ist ihre Reinigung mit Sorgfalt durchzuführen. Auf die Notwendigkeit der Konstanz der Anregungsbedingungen habe ich schon hingewiesen, denn nur bei Einhaltung dieser Forderungen ist die Licht-

emission eines Elementes ein Maß für die Konzentration. Der Einfluß der Oberflächenspannung ist nach verschiedenen Autoren von unterschiedlicher Bedeutung für die Ergebnisse. BELKE und DIERKESMANN (7) vertreten die Ansicht, daß sich Serumverdünnungen ab 1 : 5 wie wässrige Lösungen verhalten. RICK und HERRMANN (38,39) teilen mit, daß nach ihren Erfahrungen die organischen Serumbestandteile bei den üblichen Verdünnungen 1 : 20 nicht zu merklichen Analysenfehlern führen, auch ist der Eiweiß-Phosphoreinfluß bei indirekter Zerstäubung und stärkerer Verdünnung eine unwesentliche Fehlerquelle. FIGOR (34) lehnt einen Einfluß der Viskosität ab, während er der Oberflächenspannung einige Bedeutung zuschreibt. STEPHAN (50), HEINE (13), KORNBERG (27), EISENHARDT (9), HUMOLLER (18) und SANDER (42) enteiweißen das Serum für die Flammenanalyse.

Zwei weitere Fehlerquellen sind die Querempfindlichkeit und die gegenseitige Beeinflussung der Elemente. Erstere entsteht durch eine ungenügende Trennung der zu messenden Linie oder Bande aus dem Mischlicht. Güte der Filter und des Monochromators bestimmen ihre Größe. Sie ist einfach festzustellen, indem man eine Lösung, die nur ein Störelement, z. B. Natrium, in der zu erwartenden Konzentration enthält, verbrennt und dabei die zu testenden Filter in diesem Falle K- und Ca-Filter in den Meßvorgang einschaltet und prüft, ob überhaupt eine Querempfindlichkeit vorliegt und ihre etwaige Größe bestimmt. In modernen Apparaten ist diese Fehlerquelle durch die Qualität der Filter oder Monochromatoren vernachlässigbar klein.

Die gegenseitige Beeinflussung der Elemente in einer Flamme ist theoretisch nicht vollständig geklärt. Sie kann nach HERRMANN (14) verschiedene Ursachen wie Dissoziation, Ionisation, Energieverbrauch, Flammentemperatur u. a. haben. Sie äußert sich durch Erhöhung oder Erniedrigung der Lichtemission bei verschiedenen Elementen. Nach STEPHAN (50), HEINE (13), EISENHARDT (9), KÖHLER (25), KLAUS (23), SCHÜTZ (45), FIGOR (34), HERRMANN (14) ist eine Erhöhung der Kaliumemission durch Natrium gegeben, während sie umgekehrt gering sein soll. Nach den Untersuchungsergebnissen von BELKE

und DIERKESMANN (7) hängt diese von den Relationen der einzelnen Elektrolyte zueinander ab. Bezieht man die Ergebnisse von BELKE und DIERKESMANN (7) auf Serumverdünnungen, so ist folgendes festzustellen. Die Na-Emission wird bei einer Konzentration von 2,0 mg/% Na in der Analysenlösung bei einer Anwesenheit von 1,0 mg/% Kalium um 3 % erhöht (7). Bei Verdünnungen 1 : 200 ist ca. 1,65 mg/% Na gegenüber ca. 0,075 mg/% K in der Analysenlösung vorhanden. Erst bei einer mehr als 10fachen Kaliumkonzentration, das wären 150 bis 200 mg/% Kalium in einem Serum, ist eine Erhöhung um 3 % gegeben. Bei der Prüfung des Einflusses von Natrium auf die Kaliumemission stellten sie einen ähnlichen Einfluß fest. Die Calciumemission wird von Natrium und Kalium nicht durch eine gegenseitige Beeinflussung gestört, sondern nur durch eine Quersensibilität von Natrium erhöht. Ähnlich berichten v. OER und HÖFERT (33).

Die beiden zuletzt erläuterten Fehlerquellen können dadurch berücksichtigt werden, daß man den Eichlösungen eine mittlere Konzentration aller möglichen Störelemente hinzufügt (v. OER und HÖFERT (33), v. SCHÖNBERG (44), KÜHNERT (29)). Durch eine geeignete Gaswahl kann die gegenseitige Beeinflussung weiterhin verringert werden. In Propangasflammen soll nach HERRMANN (14) und KORNBERG (27) dieser Effekt zwischen Natrium und Kalium geringer sein, als in der heißeren Azetylenflamme. Calcium wird in der Propanflamme nur gering angeregt (12).

Zum Fehler der einzelnen Analysenergebnisse

Flammenanalysen sind Relativmethoden. Die Meßwerte beziehen sich auf einen Vergleich mit Lösungen bekannter Konzentrationen (Eichlösungen).

Ist eine Methode (Arbeitsverfahren) unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen aufgestellt, so ist eine Reproduzierbarkeit der einzelnen Ergebnisse gegeben, die durch die Genauigkeit bei der Herstellung der Eichlösungen und Serumverdünnungen sowie durch die konstante Arbeitsweise der Apparate bestimmt wird. KLAUS (23) gibt den Fehler bei der Flam-

menphotometrie mit ± 1 % an. BELKE und DIERKESMANN (7) geben die Schwankungen bei mehreren Analysen für Natrium mit ± 3 %, für Kalium und Calcium mit ± 2 % an. Bei Kaliumuntersuchungen hatte EISENHARDT (9) einen Fehler von $\pm 1,8$ % und SANDER (42) $\pm 1,12$ %. v. OER und HÖFERT (33) hatten bei vollständigen Analysen einen Arbeitsfehler von 2 bis 3 %. RIETHMÜLLER (40) sieht in der Reproduzierbarkeit der Einzelergebnisse nicht den Wert einer Methode.

E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N

=====

I Versuchstiere und Methode

Zunächst wurden die Serum-Natrium, -Kalium und -Calciumkonzentrationen von 15 Kühen (Untersuchungsgruppe I) über 24 Stunden bei stündlicher Blutentnahme bestimmt, um festzustellen, ob für den Serumspiegel der drei Elektrolyte im Verlauf von 24 Stunden Regelmäßigkeiten auftreten. Durch eine zweite Untersuchungsreihe an 10 anderen Kühen (Untersuchungsgruppe II) bei Blutentnahmen über 84 Stunden in Abstand von 2 Stunden soll dann geprüft werden, ob sich die im Verlaufe von 84 Stunden ermittelten Befunde mit den 24-Stundenwerten der Untersuchungsgruppe I decken.

Versuchstiere

Die Kühe waren Versuchstiere der Klinik für Tiergeburtshilfe und Klauentierkrankheiten der Freien Universität Berlin (Dir. Prof. Dr. Heidrich).

Sie gehörten der Rasse "schwarzbuntes Niederungsrind" an und waren 6 bis 14 Jahre alt. Vor und während meiner Blutentnahmen wurden keine anderen Versuche an diesen Tieren durchgeführt; alle Tiere waren gesund. Vier Kühe der Untersuchungsgruppe I waren tragend (Nr. 1 und Nr. 2 6 1/2 Monate tragend, Nr. 4 und Nr. 5 ca. 4 Monate tragend).

Die Untersuchungen der 15 Kühe über 24 Stunden wurde in den Monaten Februar und März durchgeführt. Das Futter bestand aus stets gleichen Mengen Kraftfutter, Treber und Heu; Wasseraufnahme nach Bedarf an der Selbsttränke.

Die Untersuchungen der 10 Kühe über 84 Stunden wurden in den Monaten Juli, September und Oktober durchgeführt. Das verabreichte Futter bestand zu dieser Zeit aus Kraftfutter, Treber und Luzerne.

Die Fütterungs- und Melkzeiten waren während beider Untersuchungsperioden gleich. Morgens wurde um 7 Uhr gemolken und anschließend gefüttert. Nachmittags wurde gegen 15³⁰ Uhr

gefüttert und danach gemolken.

Blutentnahme und Serumgewinnung

Die Blutentnahme erfolgte bei der Untersuchungsgruppe I durch Punktion der Vena jugularis nach kurzer Stauung mit dem Daumen. Den ersten drei Kühen der Untersuchungsgruppe II wurde ebenfalls durch Punktion der V. jugularis die Blutproben entnommen.

Bei den letzten sieben untersuchten Kühen wurde zur Blutentnahme ein Dauerkatheter nach folgendem Prinzip angelegt: Mit Hilfe einer starken Kanüle mit Mandrin wurde die V. jugularis punktiert, und durch die Kanüle ein 30 cm langer Polyäthylenschlauch ca. 10 bis 12 cm in die Vene eingeführt. Die Kanüle wird danach wieder herausgenommen. Der Schlauch wurde mit einer 0,9 % NaCl-Heparin-Lösung (50 IE Heparin pro ml) gefüllt, die die Gerinnung des Blutes im Schlauch verhindern sollte, und mit einem Metallstopfen geschlossen. Eine Klemme zur besonderen Sicherung wurde auf das Schlauchende, in dem der Metallstopfen steckt, gesetzt. Die Klemme diente gleichzeitig der Fixierung des Schlauchendes an der Halshaut. Bevor der Schlauch eingelegt wurde, ist die Menge NaCl-Heparin-Lösung bestimmt worden, die den Schlauch füllt (ca. 2 ml).

Zur Blutentnahme wird der Stopfen aus dem Schlauch gezogen. Das Schlauchende wird nach unten gehalten, um die Lösung und ca. 5 ml Blut ablaufen zu lassen. Danach wird das Blut für die Elektrolytbestimmung in einem Zentrifugenröhrchen aufgefangen.

Nach der Blutentnahme wird durch die NaCl-Heparin-Lösung das sich im Schlauch befindliche Blut in den Kreislauf zurückgedrückt, der Schlauch durch den Stopfen verschlossen und an der Klemme befestigt.

Mit den Blutentnahmen wurde während der ersten Untersuchungsreihe um 10³⁰ Uhr begonnen, während der zweiten Untersuchungsperiode um 7 Uhr.

Nach Vorschlag von KLARE (22) wurden die Blutproben eine Stunde bis zur endgültigen Gerinnung bei Zimmertemperatur

aufbewahrt. Es wird dadurch eine bessere Trennung des Serums erreicht und eine mechanisch bedingte Haemolyse durch Abstoßen des Blutkuchens verhindert, die eine Erhöhung der Kaliumwerte verursachen kann. Die Blutproben wurden dann 15 Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert (Zentrifuge: Martin Christ, Osterode/Harz Typ UJ 3). Danach wurden die Speckhäute, wenn notwendig, gelöst und die Blutproben nochmals 10 bis 15 Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert.

Aus Vorversuchen kann ich die Ergebnisse von SOMMER (48), EISENHARDT (9), RAUSCH und GRAUL (37) und SANDER (42) bestätigen, daß nach einer mehr als 4 stündigen Zeitspanne zwischen Blutentnahme und Zentrifugieren die Serumkaliumwerte ansteigen.

Für meine Untersuchungen war es von Wichtigkeit zu wissen, wie lange ich die Serumproben im Kühlschrank (Temperatur + 4° C) aufbewahren kann, ohne daß dadurch die Analysenergebnisse beeinflußt werden. Untersuchungen mehrerer Proben über 6 Tage haben ergeben, daß bis dahin von einem Serum stets gleiche Ergebnisse erhalten werden.

Das Flammenphotometer

Für meine Untersuchungen stand mir ein Flammenfilterphotometer zur Verfügung (Flammenphotometer "Eppendorf" der Netheler & Hinz GmbH. Hamburg). Der Apparat arbeitet mit einem indirekten Zerstäuber. Die optische Selektion der Emissionslinien und Banden geschieht durch Präzisionsinterferenzfilter. Als Strahlungsempfänger ist ein Sekundärelektronenvervielfacher eingebaut. Das Anzeigegerät ist ein Spiegelgalvanometer mit Lichtmarke. Drei auswechselbare Skalen ermöglichen eine Ablesung der Werte in mval, mg/% und in Werten für die Aufstellung einer Eichkurve. Für die Druckluftversorgung ist eine Kompressoranlage angeschlossen, die über ein Manometer und einen eingebauten Membrandruckregler eine konstante Luftzufuhr gewährleistet. Weiterhin ist die Apparatur so eingerichtet, daß man Propangas und Azetylen gleichzeitig anschließen und nach Bedarf verwenden kann. Eine ausführliche Beschreibung liegt in der

Betriebsanleitung (12) vor.

Für die Natrium- und Kaliumanalyse wurde Propan als Brenngas verwendet. Calcium wurde mit Azetylen bestimmt.

Propan:

Gasdruck 200mmWS, Luftdruck $0,5 \text{ kg/cm}^2$, Flammentemp. 1900°C

Azetylen:

Gasdruck 540mmWS, Luftdruck $0,5 \text{ kg/cm}^2$, Flammentemp. 2400°C

Die Na-Lichtemission wurde bei der Na-Linie 589 nm, Kalium bei der Linie 766 und 762 nm und Calcium bei der Bande um 620 nm gemessen.

Eichlösungen und Eichung des Gerätes

Die Eichung des Gerätes erfolgte mit Eichlösungen, die aus zwei Stammeichlösungen hergestellt wurden. Die Stammeichlösung für die Na-, K- und Ca-Eichpunkteinstellung enthielt in 1000 ml 3300 mg Na; 150 mg K und 100 mg Ca. Die Stammkompensationslösung für die Nullpunkteinstellung bei der Ca-Analyse enthielt 3300 mg Na im Liter. Die Verdünnung der Na-, K- und Ca-Stammeichlösung wurde entsprechend der des Serums durchgeführt. Die Stammkompensationslösung wurde für die Analyse 1 : 20 verdünnt. Danach haben die Eichlösungen eine Konzentration von 16,5 ppm Na, 0,75 ppm K und 0,5 ppm Ca für die Natriumeichlösung. Die Eichlösung für Kalium und Calcium enthält 165 ppm Na +), 7,5 ppm K und 5,0 ppm Ca. Die verdünnte Kompensationslösung enthält 165 ppm Na. Anders ausgedrückt für die Natriumeichlösung: 16,5 g/ml Na, 0,75 g/ml K und 0,5 g/ml Ca. Die Ca-K Eichlösung: 165 g/ml Na, 7,5 g/ml K und 5,0 g/ml Ca. Die verdünnte Kompensationslösung 165 g/ml Na. Die gebrauchsfertigen Eichlösungen wurden in Polyäthylenflaschen aufbewahrt.

Der Nullpunkt bei der Na- und K-Analyse wurde mit Aqua bidest eingestellt - bei der Ca-Analyse mit der verd. Kompensationslösung. Mit den oben beschriebenen Eichlösungen wur-

+) ppm = part per million

1 mg in 1000 ml = 1 ppm (KARLSON 20)

den die Eichpunkte für Natrium 143,5, Kalium 3,84 und Calcium 5,0 mval auf einer direktanzeigenden Skala eingestellt. Für die K- und Ca-Analyse wurde eine Eichlösung benutzt.

Serumverdünnungen

Die Ausführung der Serumverdünnungen geschah nach der vom Hersteller des Flammenphotometers empfohlenen Weise. Für die Kalium- und Calciumanalyse wurde das Serum 1 : 20 und für Natrium 1 : 200 verdünnt. Die Verdünnung des Serums wurde in 20 ml Glaskolben (Goldbrand-Weithals, eichfähig) ausgeführt. Zunächst wurde die Kalium-Calciumverdünnung hergestellt und aus dieser durch eine 1 : 10 Weiterverdünnung die Natriumuntersuchungslösung.

Alle verwendeten Glasgeräte waren aus alkalifreiem Glas (Schott & Gen Mainz). Die Meßgenauigkeit der Vollpipetten entspricht der Qualität "eichfähig". Für die Serumverdünnungen wurde Aqua bidest verwendet.

Beschreibung des Meßvorganges

Bei meinen Untersuchungen habe ich zuerst Ca dann K und zum Schluß Na bestimmt. Bevor ich mit der ersten Analyse begann, wurde der Apparat ca. 40 Minuten eingebrannt. Dabei ist die für die Nulleinstellung bei der Ca-Analyse bestimmte Kompensationslösung verbrannt und dadurch eine maximale Ermüdung der Photozelle erreicht worden. Bei Vorversuchen hatte ich festgestellt, daß eine ungenügende Ermüdung der Photozelle ein häufiges Nacheichen erforderte, wodurch eine schlechte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse verursacht wurde. Zur Messung der Serumverdünnungen wurden diese aus den Glaskolben in Polyäthylenbecher gegossen. War der Apparat genügend geeicht, wurden 4 Proben hintereinander einmal gemessen und anschließend die Eichpunkte überprüft. Hatten diese sich nicht verändert, so wurden die Ergebnisse als richtig angenommen. Stimmt die Eichpunkte nicht, wurde nachgeeicht und die Bestimmung wiederholt. Der Forderung HEINES (13), eine Serumverdünnung mindestens 5 Mal zu messen, um an Hand des

Mittelwertes zu einer größeren Genauigkeit zu kommen, erachtete ich als nicht notwendig. Nach ordentlichem Einbrennen und genauer Eichung fand ich bei Wiederholungsmessungen während größerer Analysenserien stets gleiche Ergebnisse.

Fehlerquellen und methodischer Fehler

Die gegenseitige Beeinflussung der Elemente bei der Analyse ist durch die geeignete Zusammensetzung der Eichlösungen weitgehend berücksichtigt. Für das Flammenphotometer "Eppendorf" wird die Querempfindlichkeit bei Verwendung der empfohlenen Gase wie folgt angegeben (12):

Einfluß auf Na:	durch K	0,03 %	durch Ca	0,2 %
"	" K :	" Na 0,006 %	" Ca 0,001 %	
"	" Ca :	" Na 0,36 %	" K 0,13 %	

Der Reinigung der Glasgeräte wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Nach ordentlichem Spülen in kaltem Wasser wurden die Glasgeräte für 24 Stunden in ein Chromschwefelsäurebad gelegt, im Anschluß daran mit heißem Wasser und schließlich mit Aqua demineralisata gründlich gespült.

Die Genauigkeit meiner Methode habe ich folgendermaßen geprüft. Aus einem Mischserum (Serumgemisch mehrerer Blutproben) wurden 100 Proben auf ihren Natrium-, Kalium- und Calciumgehalt nach dem angegebenen Verfahren bestimmt. Dabei haben sich folgende Werte für die Genauigkeit der Methode ergeben.

Na $\bar{x}$	= 138,7 mval	s = $\pm$ 0,66	v = 0,45 %
K $\bar{x}$	= 4,32 mval	s = $\pm$ 0,03	v = 0,69 %
Ca $\bar{x}$	= 4,83 mval	s = $\pm$ 0,03	v = 0,62 %

$\bar{x}$ = Mittelwert errechnet sich nach WEBER (56)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

s = mittlere quadratische Abweichung (Standardabweichung, mittlere Abweichung oder Streuung s (WEBER 56)

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

WEBER

v = Variabilitätskoeffizient = Variationskoeffizient
(WEBER 56, SCHMIDT 43)

$$v\% = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}$$

Der Variabilitätskoeffizient gibt die Streuung s in % vom Mittelwert $\bar{x}$ an.

II Untersuchungsergebnisse

An Hand von Beispielen aus beiden Untersuchungsgruppen wird das Verhalten der Serumwerte zunächst am Einzeltier und dann für die Untersuchungsgruppe aufgezeigt. Eine sich daran anschließende statistische Untersuchung soll Aufschluß über grundsätzliche Fragen geben.

Untersuchungsgruppe I

Aus der Gruppe der 15 untersuchten Kühe wird ein Beispiel angeführt, aus dem das Verhalten der Na-, K- und Ca-Konzentrationen einer Kuh im Verlauf von 24 Stunden ersichtlich ist.

In den Tabellen 1 bis 3 (Anhang) sind die einzelnen Stundenwerte enthalten, in der Abbildung 1 sind diese Werte graphisch dargestellt. In dieser Gruppe werden die Beobachtungsstunden 6³⁰ bis 17³⁰ Uhr als Tagesstunden und von 18³⁰ bis 5³⁰ Uhr als Nachtstunden bezeichnet.

Folgende Beobachtungen können für die drei Elektrolyte gemacht werden.

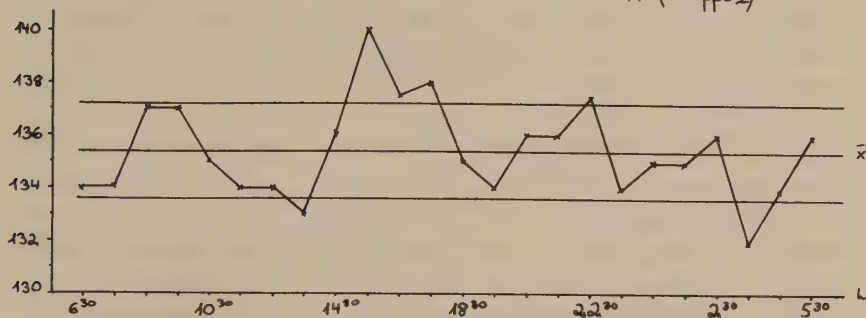
Natrium:

Die Natrium-Serumkonzentrationen sind ständigen Schwankungen unterworfen. Im Verlauf von 24 Stunden werden Natriumwerte zwischen 132,0 und 140,0 mval beobachtet. Die mittlere Ta-

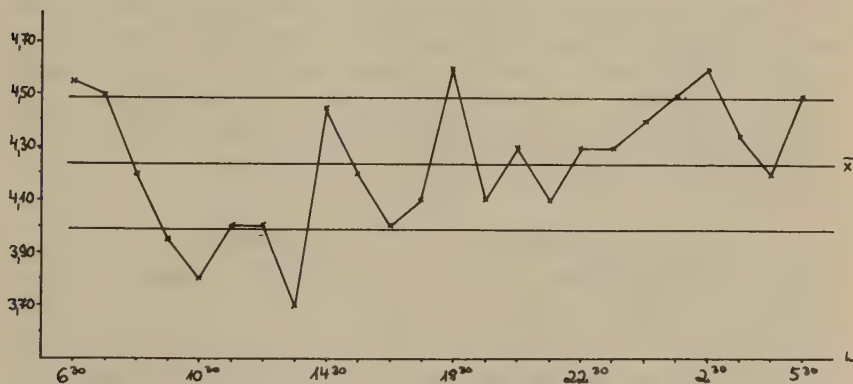
Verhalten der Na-, K- und Ca- Serumkonzentrationen über 24 Stunden

m val Na

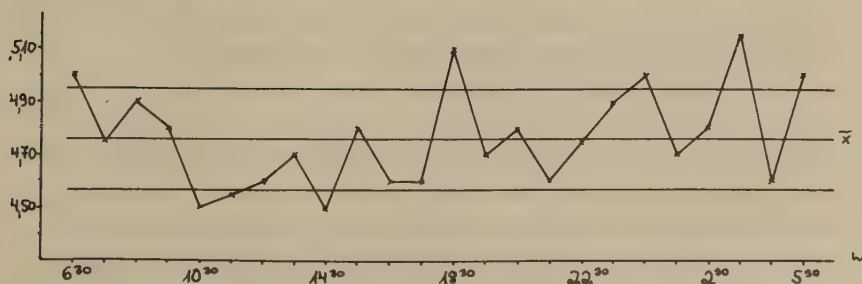
Rind 11 (Gruppe I)



m val K



m val Ca



geskonzentration ist 135,41 mval bei einer Standardabweichung von $\pm 1,8$ mval. Der Verlauf der Natriumkurve (Abb. 1) deutet eine geringe Erhöhung der Natriumtageswerte gegenüber den Nachtwerten an.

Kalium:

Schwankungen der Kaliumwerte im Verlauf von 24 Stunden sind ebenfalls festzustellen. Die Einzelwerte streuen um einen Mittelwert von 4,24 mval in einer Breite von 3,70 bis 4,60 mval. Die graphische Darstellung zeigt die höheren Kaliumkonzentrationen während der Nachtzeit. Die auftretenden Kaliumschwankungen sind größer als die der Natriumkonzentrationen.

Calcium:

Auch die Calciumserumkonzentrationen unterliegen ständigen Schwankungen. Um einen Mittelwert von 4,76 mval werden für diese Kuh innerhalb 24 Stunden Werte von 4,50 bis 5,15 mval Calcium beobachtet. Die Standardabweichung zum Mittelwert beträgt $\pm 0,19$ mval. Zur Tageszeit sind die Serumwerte niedriger als während der Nacht.

Diese Beobachtungen treffen für alle untersuchten Kühe zu. Die durchschnittliche Streuung der Werte der einzelnen Tiere ist für Kalium am größten. Natrium weist die kleinste Standardabweichung auf, während die für Calcium zwischen der von Natrium und Kalium liegt. (Vergleich durch Variabilitätskoeffizienten)

Die Tabelle a enthält die mittleren Elektrolytserumkonzentrationen für die Untersuchungszeit über 24 Stunden (24-Stundenmittelwert) der einzelnen Rinder mit ihren Standardabweichungen (s) und Variabilitätskoeffizienten (v).

Um einen Überblick über den mittleren Verlauf der Na-, K- und Ca-Serumkonzentrationen der 15 untersuchten Kühe zu bekommen, wurden die Mittelwerte zu den einzelnen Untersuchungsstunden berechnet. Es wurden die 15 Na-, K- und Ca-Werte der einzelnen Rinder der zeitgleichen Untersuchungsstunden gemittelt (z. B. die 15 um 6³⁰ Uhr gefundenen Natri-

Tabelle a

Na-, K- und Ca-24-Stundenmittelwerte mit quadratischen Abweichungen (s) und Variabilitätskoeffizienten (v)
(Gruppe I, 15 Kühe)

Nr.	Na			K			Ca		
	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
1	140,5	1,44	1,0	3,90	0,37	9,5	4,91	0,25	5,1
2	140,1	3,14	2,2	4,35	0,28	6,4	4,89	0,14	2,9
3	140,1	2,30	1,6	4,41	0,32	7,3	4,65	0,16	3,4
4	136,6	1,37	1,0	4,28	0,31	7,2	4,71	0,12	2,6
5	138,4	1,50	1,1	4,20	0,38	9,0	4,93	0,18	3,7
6	136,3	2,52	1,8	4,52	0,37	8,2	5,01	0,21	4,2
7	136,2	3,78	2,8	4,15	0,30	7,2	4,45	0,20	4,5
8	136,2	2,63	1,9	4,37	0,31	7,1	4,99	0,13	2,6
9	137,8	2,19	1,6	4,23	0,30	7,1	5,15	0,18	3,4
10	134,9	1,24	0,9	4,25	0,39	9,2	4,71	0,21	4,5
11	135,4	1,80	1,3	4,24	0,25	5,9	4,76	0,19	4,0
12	134,8	1,48	1,1	4,16	0,24	5,8	4,95	0,15	3,0
13	136,5	2,14	1,6	4,38	0,25	5,7	5,00	0,15	3,0
14	137,5	1,92	1,4	4,30	0,25	5,8	4,87	0,13	2,7
15	135,6	2,18	1,6	4,19	0,34	8,1	4,76	0,11	2,3

Gesamtmittelwerte aus allen im Rahmen der Untersuchungsgruppe I ermittelten Serumwerten

Na			K			Ca		
$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
137,12	2,84	2,1	4,26	0,34	8,0	4,85	0,24	4,9

umwerte usw.). Die Tabelle b enthält diese Stundenmittelwerte mit den Standardabweichungen und Variabilitätskoeffizienten, die sich aus den entsprechenden 15 zeitgleichen Werten ergeben haben.

In der Abbildung 2 sind diese Werte graphisch dargestellt. Dabei stellt bei den einzelnen Elementen die mittlere Kurve den Verlauf der durchschnittlichen Elektrolytserumkonzentrationen dar. Die über und unter dieser gezeichneten Kurven grenzen die mittlere quadratische Abweichung ab, die zu jeder Stunde bestanden hat.

Die Na-Stundenmittelwertkurve bestätigt die bei den einzelnen Tieren gemachte Beobachtung, daß die Natriumwerte zur Tageszeit höher liegen. Zur Tageszeit steigen die Natriumwerte im Mittel bis zu 15 Uhr an und fallen danach bis 3 Uhr wieder ab.

Das Bild der Kaliumstundenmittelwertkurve bestätigt die bei den einzelnen Tieren festgestellten Beobachtungen, daß die Kaliumwerte während der Nachtzeit gegenüber der Tageszeit erhöht sind. Für die Tageszeit zeichnet sich nach der durchschnittlichen Verlaufskurve ein Rhythmus ab. Die mittlere Kaliumkonzentration fällt nach 7 Uhr von 4,37 mval bis 9 Uhr auf die durchschnittliche Höhe von 3,95 mval ab, um danach bis Mittag wieder auf 4,26 mval anzusteigen. Während der folgenden Zeit bis 15 Uhr ist wieder ein Abfall zu verzeichnen, der das gleiche Niveau (3,95 mval) von 9 Uhr erreicht. Von dieser Zeit an steigt die mittlere Kaliumkonzentration bis 18 Uhr auf eine Höhe von 4,39 mval, die dann fast gleichmäßig während der Nachtstunden gehalten wird. Der durchschnittlich höchste Wert wird mit 4,49 mval zwischen 2 und 3 Uhr erreicht.

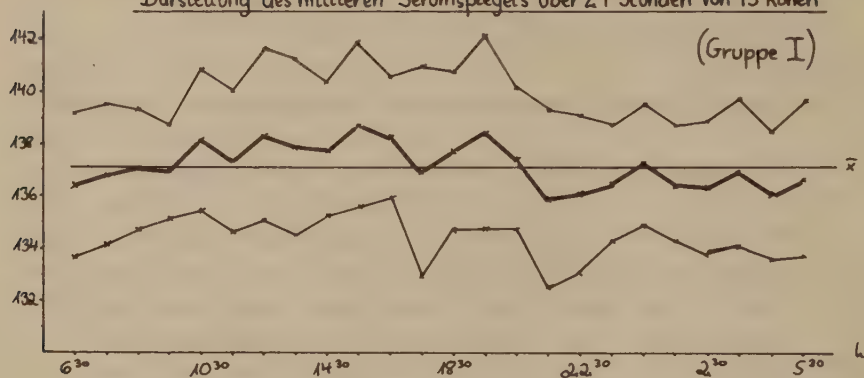
Nach der mittleren Verlaufskurve der Calciumserumkonzentrationen ist ein Sinken des Serumspiegels zur Tageszeit zu beobachten, worauf zur Nacht ein Anstieg folgt.

Tabelle b

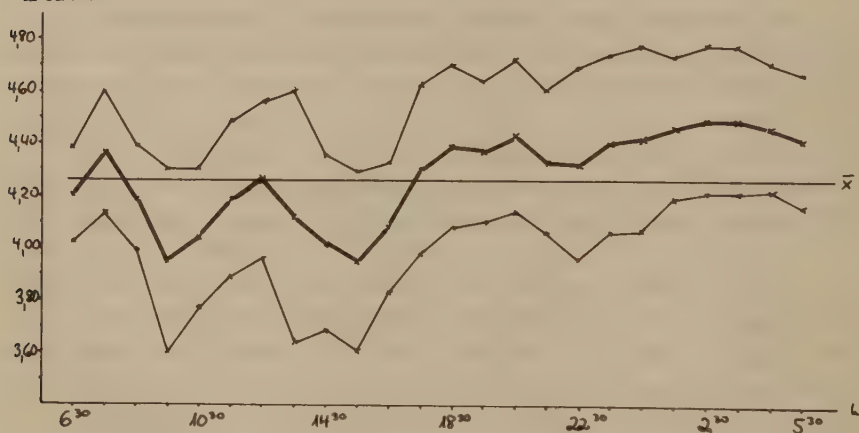
Na-, K- und Ca-Stundenmittelwerte für die 15 Rinder mit s und v

h	Na			K			Ca		
	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
6 ³⁰	136,4	2,77	2,0	4,20	0,18	4,3	4,82	0,25	5,2
7 ³⁰	136,8	2,68	2,0	4,37	0,23	5,3	4,92	0,23	4,7
8 ³⁰	137,0	2,23	1,6	4,19	0,20	4,8	4,90	0,22	4,5
9 ³⁰	136,9	1,79	1,3	3,95	0,35	8,9	4,87	0,24	4,9
10 ³⁰	138,1	2,70	2,0	4,04	0,27	6,7	4,78	0,34	7,1
11 ³⁰	137,3	2,75	2,0	4,19	0,30	7,2	4,77	0,26	5,5
12 ³⁰	137,9	3,24	1,7	4,26	0,30	7,0	4,78	0,27	5,7
13 ³⁰	138,3	3,25	2,4	4,12	0,48	11,6	4,84	0,23	4,8
14 ³⁰	137,7	2,53	1,8	4,02	0,33	8,2	4,79	0,31	6,5
15 ³⁰	138,7	3,10	2,2	3,95	0,34	8,6	4,86	0,23	4,7
16 ³⁰	138,2	2,30	1,7	4,08	0,25	6,1	4,83	0,19	3,9
17 ³⁰	136,9	4,00	2,9	4,30	0,32	7,4	4,81	0,22	4,6
18 ³⁰	137,7	3,00	2,2	4,39	0,31	7,1	4,90	0,20	4,1
19 ³⁰	138,4	3,70	2,7	4,37	0,27	6,2	4,88	0,23	4,7
20 ³⁰	137,4	2,66	1,9	4,43	0,29	6,6	4,87	0,23	4,7
21 ³⁰	135,9	3,40	2,5	4,33	0,27	6,2	4,82	0,27	5,6
22 ³⁰	136,1	3,00	2,2	4,32	0,37	8,6	4,84	0,18	3,7
23 ³⁰	136,5	2,20	1,6	4,40	0,34	7,7	4,90	0,19	3,9
0 ³⁰	137,2	2,30	1,7	4,42	0,35	7,9	4,87	0,31	6,4
1 ³⁰	136,4	2,10	1,5	4,46	0,27	6,1	4,88	0,29	5,6
2 ³⁰	136,3	2,52	1,9	4,49	0,28	6,2	4,83	0,25	5,2
3 ³⁰	136,9	2,80	2,1	4,49	0,28	6,2	4,87	0,21	4,3
4 ³⁰	136,0	2,44	1,8	4,46	0,24	5,4	4,85	0,24	5,0
5 ³⁰	136,6	2,93	2,1	4,41	0,25	5,7	4,88	0,28	5,7

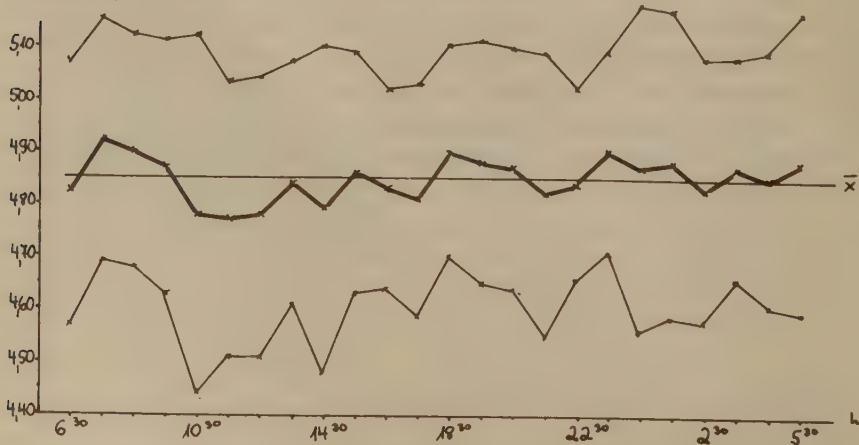
in val Na Darstellung des mittleren Serumsiegels über 24 Stunden von 15 Kühen



in val K



in val Ca



Untersuchungsgruppe II

Mit diesen Untersuchungen wurde geprüft, ob die Beobachtungen aus der Untersuchungsgruppe I sich über eine Untersuchungsdauer von 84 Stunden bestätigen. An zwei Beispielen wird das Verhalten der Serumwerte demonstriert.

Die Abbildungen 3 und 4 stellen den Verlauf der Höhe des Na-, K- und Ca-Serumspiegels von zwei Kühen dar. Die Analysenwerte sind in den Tabellen 4 bis 6 (Rd. 1 und 3) im Anhang enthalten. Mit den Uhrzeiten 7 und 19 Uhr sollen der beginnende Tag und die beginnende Nacht gekennzeichnet sein (Abb. 3 und 4).

Folgende Beobachtungen sind festzustellen.

Natrium:

Die Höhe der Natriumserumwerte schwankt von Beobachtungsstunde zu Beobachtungsstunde. Es werden Werte zwischen 130 und 140 mval gefunden. Der Verlauf der Kurven beider Beispiele zeigt die höheren Werte zur Tageszeit, während zur Nachtzeit ein Abfall des Serumspiegels deutlich erkennbar ist. Am eingezeichneten Mittelwert (84-Stundenmittelwert - gleich Mittelwert für die Untersuchungszeit eines Tieres), für Kuh Nr. 1 Abbildung 3 133,4 mval und Kuh Nr. 8 Abbildung 4 134,1 mval, kann man ersehen, daß sich das Gesamtniveau für 24 Stunden von Tag zu Tag ändern kann. Die Natriumserumwerte der Kuh Nr. 1 (Abb. 3) haben am ersten Untersuchungstag die allgemeine Höhe, die der Mittelwert für die gesamte Untersuchungszeit kennzeichnet. Im Gegensatz zu den beiden folgenden Nächten ist der Abfall des Serumnatriumspiegels zur Nacht nicht so deutlich ausgeprägt. Das Beispiel Kuh Nr. 8 (Abb. 4) zeigt dieses Merkmal in ausgeprägterer Form für die zweiten 24 Stunden. Es wird während dieser Zeit das mittlere Niveau, daß für die Gesamtuntersuchungszeit bestanden hat, zu keiner Zeit erreicht, aber deutlich ist der Abfall der Nachtwerte.

Kalium:

Der Kaliumserumspiegel ist ebenfalls ständigen Schwankungen unterworfen. Es werden Kaliumwerte zwischen 3,50 und 4,50 mval gefunden. Aus den graphischen Darstellungen ist für

beide Kühe während der Nacht ein höherer Serumspiegel als zur Tageszeit zu ersehen. An Hand der eingezeichneten Mittelwerte (Kuh Nr. 1, Abb. 3 4,48 mval und Kuh Nr. 8 Abb. 4 4,12 mval Kalium) kann ähnlich wie für Natrium ein Schwanken des Gesamtniveaus für 24 Stunden festgestellt werden. Bei beiden Kühen ist gegen 7 Uhr ein Sinken des Kaliumserumspiegel zu beobachten, wonach dieser in der Regel bis zur Mittagszeit wieder ansteigt. Während der Nachmittagsstunden ist danach ein Abfall bei allen Tagesperioden aus beiden Abbildungen ersichtlich. Zur Nacht steigen die Werte an und haben bis gegen 7 Uhr annähernd eine gleiche Höhe. Im Zusammenhang mit dem oben erwähnten Schwanken des Gesamtniveaus ist bei der Kuh Nr. 1, Abb. 3 die durchschnittliche Höhe des Serumspiegels der ersten Nacht niedriger als die des zweiten Tages und am dritten Tag ist sie höher, als in der dritten Nacht. In beiden Fällen ist aber gegen 7 Uhr ein Abfall zu beobachten. Der Anstieg des Kaliumserumspiegels zur Mittagszeit fehlt bei der Kuh Nr. 8, Abb. 4 am zweiten Tag.

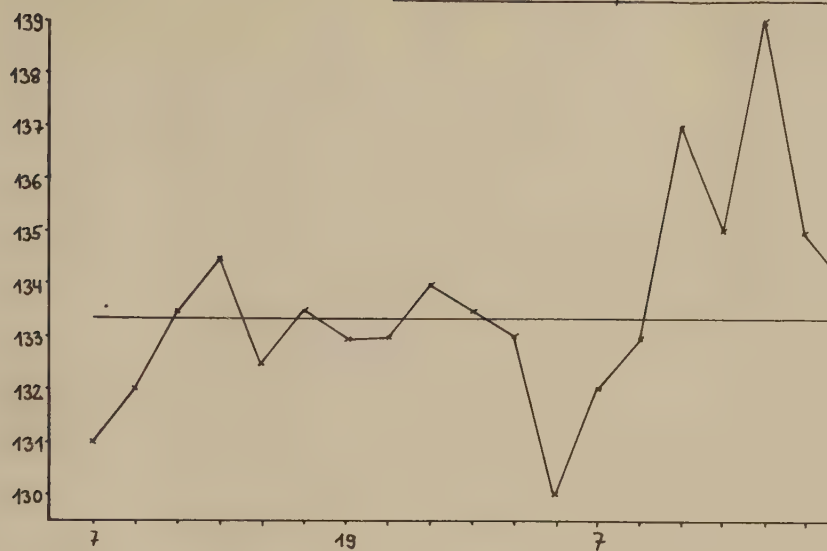
Calcium:

Auch die Calciumserumkonzentration unterliegt ständigen Schwankungen. Für die beiden Kühe wurden Serumwerte zwischen 4,50 und 5,35 mval gefunden. Der mittlere Serumspiegel über 24 Stunden kann sich bei Calcium ebenso ändern wie bei Natrium und Kalium. Die beiden Darstellungen deuten höhere Calciumwerte während der Nacht an. Aus der Abbildung 3, Kuh Nr. 1 ist zu ersehen, daß der Anstieg der Serumkonzentration zur Nachtzeit (erste Nacht) langsam im Verlauf des folgenden Tages sinkt. Der sich daran anschließende Anstieg während der zweiten Nacht, erreicht seinen Höhepunkt erst am darauffolgenden Tag. Die Kuh Nr. 8, Abb. 4 hatte im Verlauf des zweiten untersuchten Tagesabschnittes höhere Werte als in der folgenden Nacht.

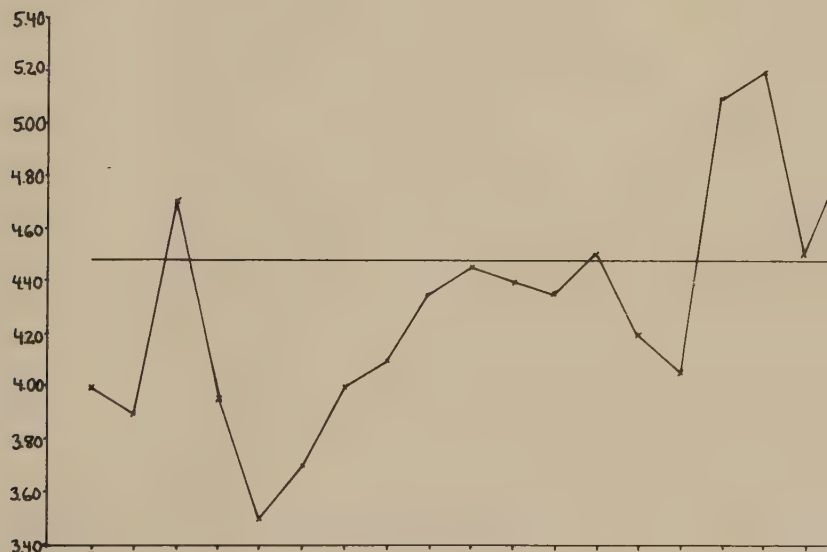
Zusammenfassend kann für die beiden Beispiele gesagt werden, daß die Natriumwerte zur Tageszeit höher liegen als zur Nachtzeit. Für den Kalium- und Calciumserumspiegel werden im Gegensatz dazu während des Tages niedrigere Werte beobachtet als

mval Na

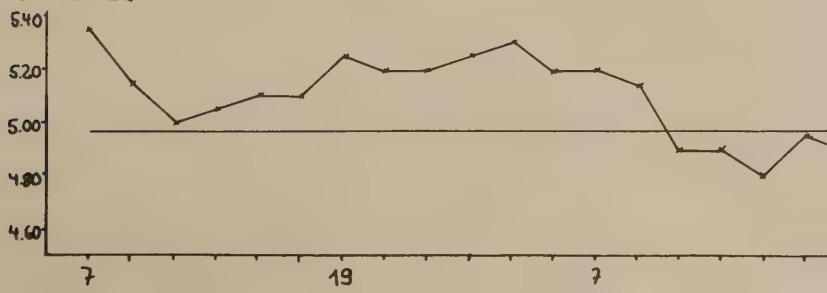
Verhalten der Na- K- und Ca-Serum



mval K

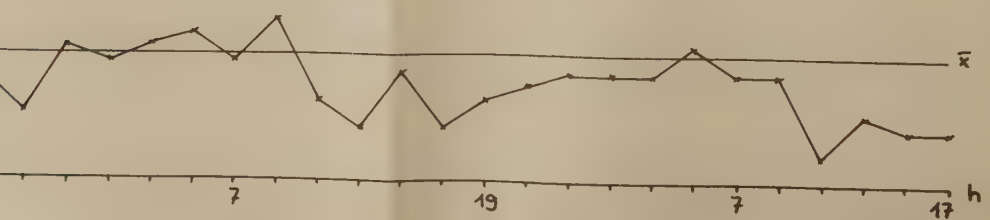
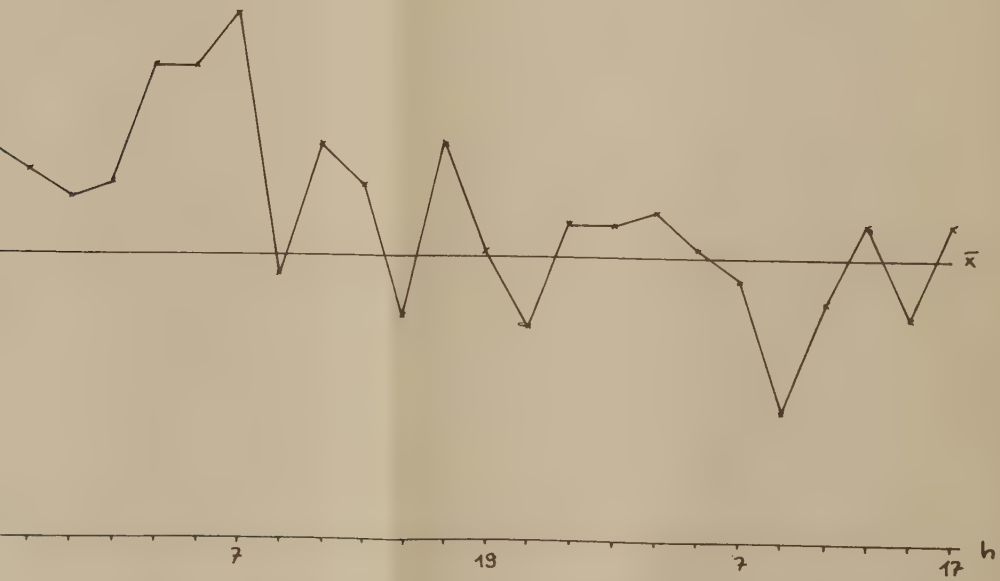
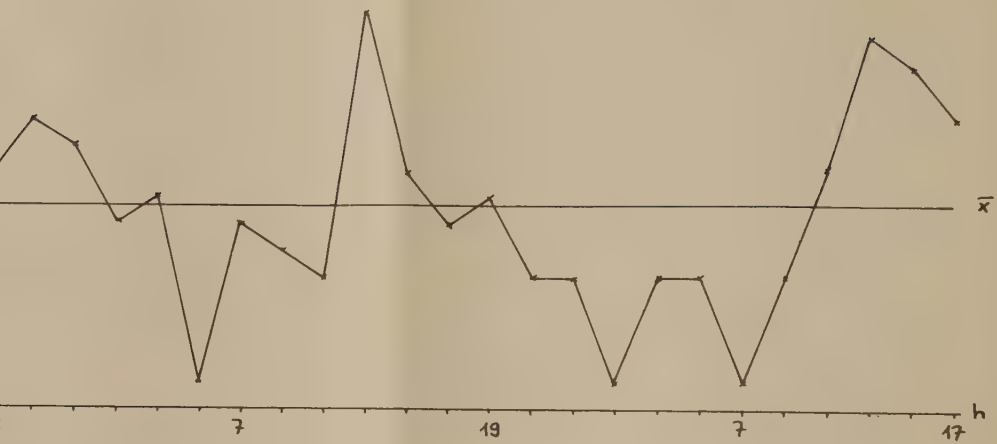


mval Ca

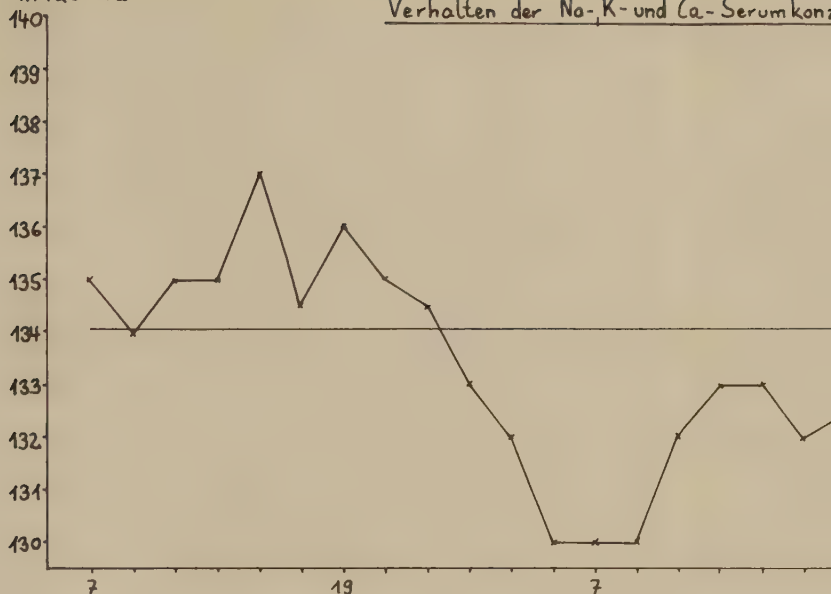


konzentrationen über 84 Stunden

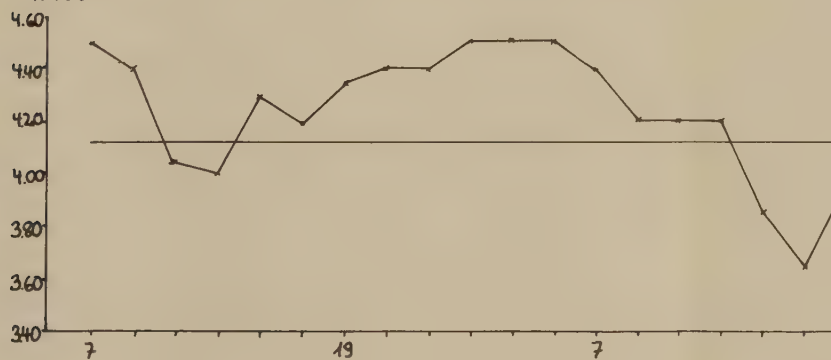
Rind 1 (Gruppe II)



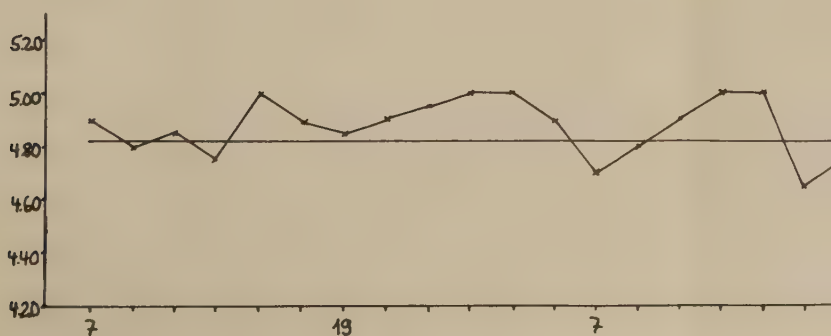
mval Na

Verhalten der Na-, K- und Ca-Serumkonz.

mval K

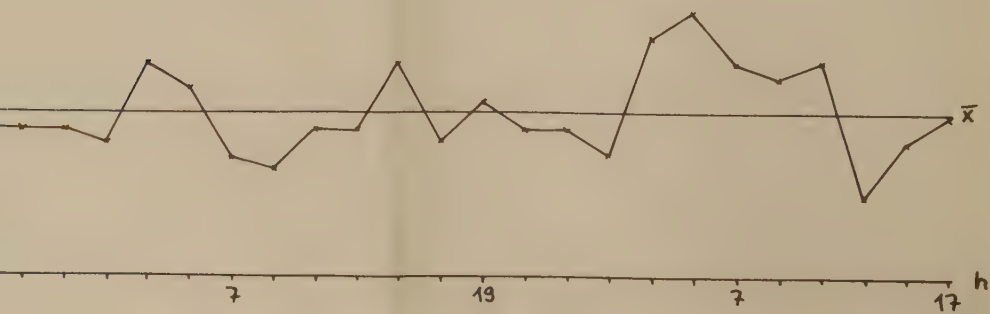
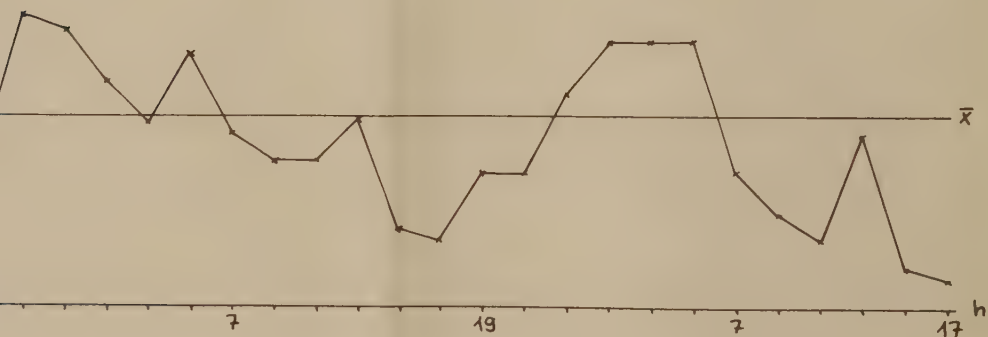
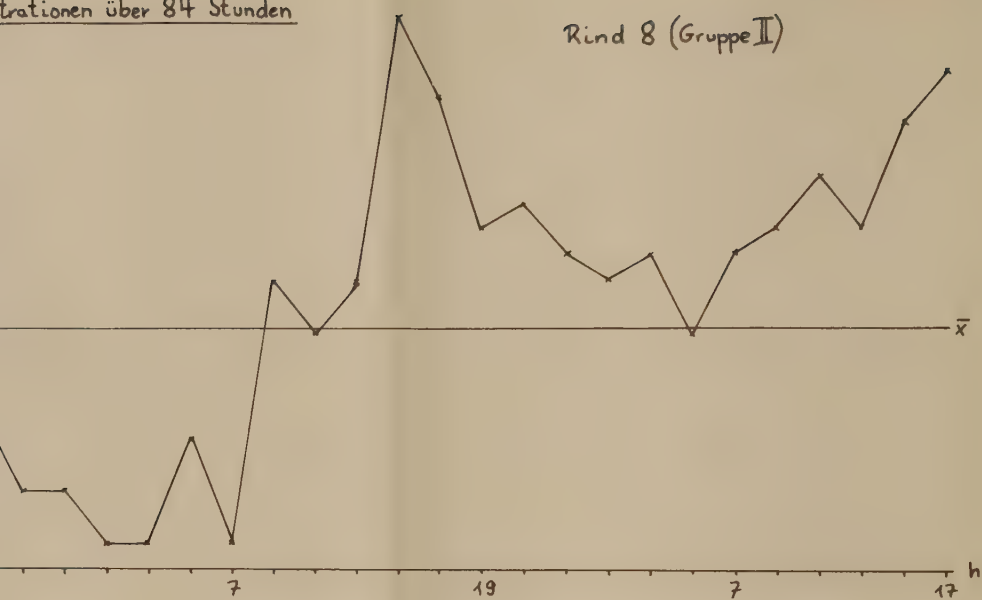


mval Ca



trationen über 84 Stunden

Rind 8 (Gruppe II)



während der Nacht, wobei zu betonen ist, daß der Tag-Nacht-unterschied für die Calciumwerte nicht so ausgeprägt ist wie für Kalium und Natrium.

Die Streuung der Kaliumwerte ist bei beiden Tieren am größten, bei Natrium am kleinsten. In der Tabelle c sind die 84-Stundenmittelwerte der 10 Kühe mit ihren Standardabweichungen und Variabilitätskoeffizienten angegeben.

Diese allgemeinen Beobachtungen treffen für alle Kühe der Untersuchungsgruppe II im wesentlichen zu.

Durch die Berechnung der Mittelwerte aus den 10 Einzelwerten der zeitgleichen Untersuchungsstunden soll ein Überblick über das durchschnittliche Verhalten des Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegels der 10 Kühe im Verlaufe der Untersuchungszeit ermöglicht werden.

In der Abbildung 5 sind diese Stundenmittelwerte dargestellt.

Die Natriumkurve bestätigt die allgemeinen Beobachtungen, die bei den einzelnen Tieren gemacht wurden. Die Werte zu den Tageszeiten sind höher als zur Nacht. Darüber hinaus ist zu sehen, daß die höchsten Werte an den einzelnen Tagen zwischen 13 und 15 Uhr erreicht werden, die niedrigsten Werte in der Zeit zwischen 3 und 7 Uhr. Zwischen diesen Maxima und Minima des Natriumserumspiegels ist ein kontinuierlicher An- und Abstieg der Werte ersichtlich. Ein unterschiedliches Niveau für die einzelnen Tag-Nacht-Bereiche ist auch an dieser Darstellung zu beobachten.

Die Feststellungen, die bei der Betrachtung der Einzeltiere gemacht werden konnten, unterstreicht die Kaliumstundenmittelwertkurve. An allen Tag-Nacht-Bereichen sind die Werte zur Nachtzeit höher als am Tage. Im Durchschnitt ist für alle 10 Kühe der morgentliche Abfall des Serumkaliumspiegels bis 9 Uhr an den 4 Untersuchungstagen ersichtlich, danach der Anstieg der Werte zur Mittagszeit, der zwischen 11 und 13 Uhr seinen Höhepunkt erreicht. Bis 15 Uhr sinken die Werte im Mittel wieder ab und steigen zur Nacht auf einen höheren Durchschnitt gegenüber den Tageswerten an.

Die Darstellung der Calciumstundenmittelwerte läßt niedrigere Serumwerte zur Tageszeit und höhere für die Nachtperioden erkennen. Gegen 1 Uhr wird jeweils der Höhepunkt erreicht. Der Abfall am Tage hat zwischen 15 und 17 Uhr in der Regel den niedrigsten Wert. Das Schwanken der mittleren Serumkonzentration für Tag-Nacht-Bereiche wird auch durch diese Abbildung demonstriert.

Tabelle c

Na-, K- und Ca-84-Stundenmittelwerte mit quadratischen
Abweichungen (s) und Variabilitätskoeffizienten (v)
(Gruppe II, 10 Kühe)

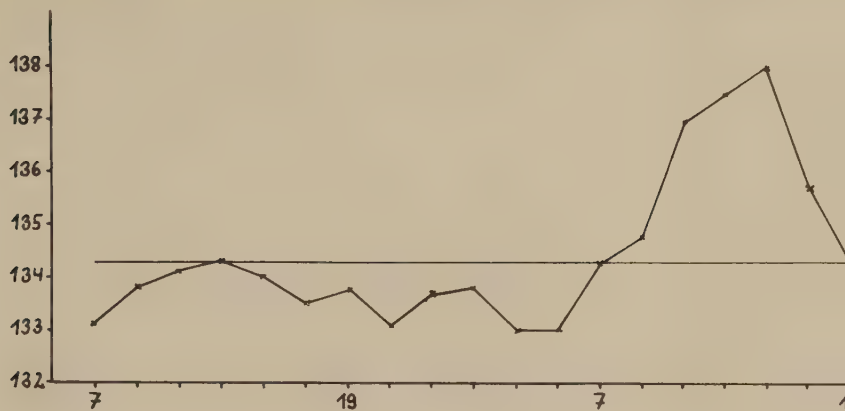
Nr.	Na			K			Ca		
	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
1	133,4	2,01	1,5	4,48	0,42	9,4	4,97	0,18	3,8
2	134,3	2,59	1,9	4,21	0,31	7,3	5,12	0,29	5,7
3	135,2	3,26	2,4	4,46	0,39	8,8	4,96	0,21	4,1
4	134,7	4,12	3,1	4,17	0,35	8,2	4,79	0,21	4,4
5	133,8	2,22	1,7	4,01	0,42	10,4	4,63	0,24	5,3
6	132,7	1,84	1,4	4,16	0,30	7,1	4,51	0,14	3,2
7	134,4	2,13	1,6	4,24	0,30	7,0	4,59	0,15	3,4
8	134,1	2,64	2,0	4,12	0,30	7,2	4,82	0,15	3,1
9	135,4	2,84	2,1	4,27	0,38	9,0	4,61	0,13	2,9
10	134,7	2,52	1,9	3,79	0,42	11,0	4,75	0,21	4,3

Gesamtmittelwerte aus allen im Rahmen der Untersuchungs-
gruppe II ermittelten Serumwerten

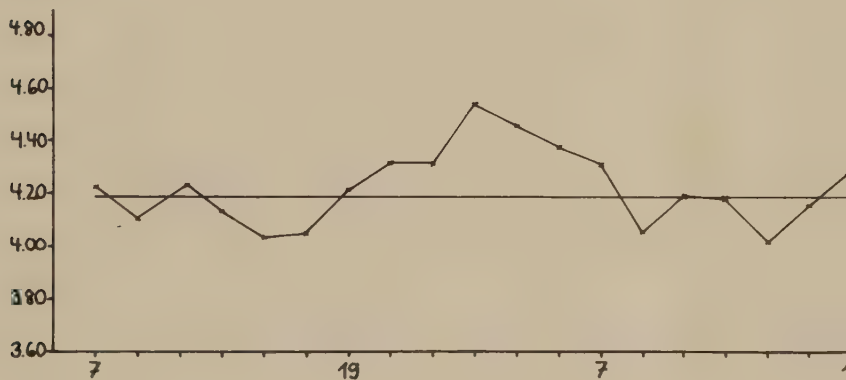
Na			K			Ca		
$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
134,29	2,78	2,1	4,19	0,40	9,6	4,77	0,26	5,5

Verhalten des mittleren Na-, K- und Ca- Seru

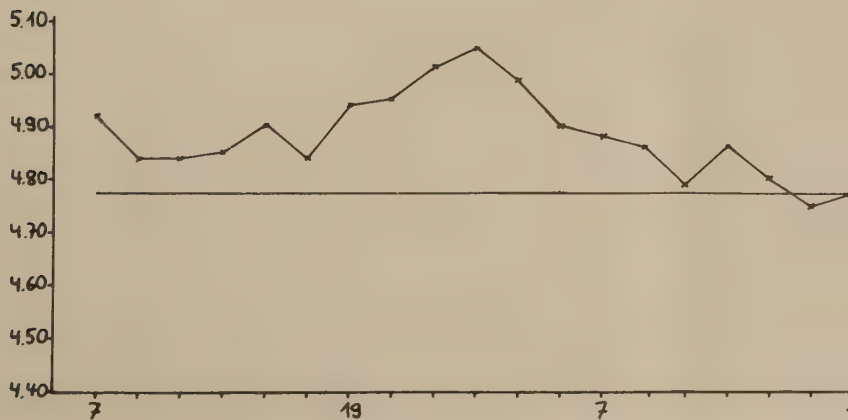
m val Na



m val K

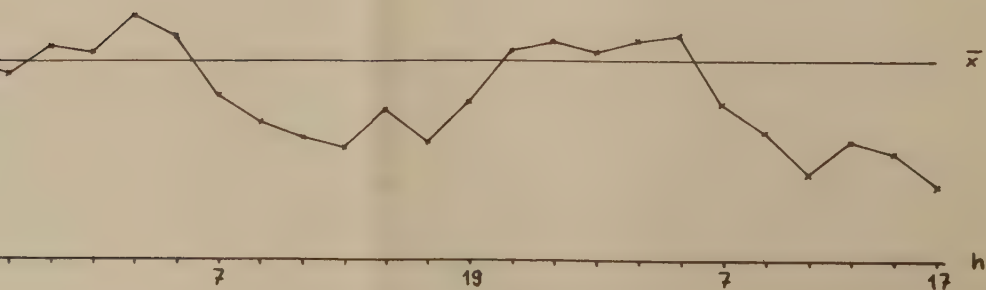
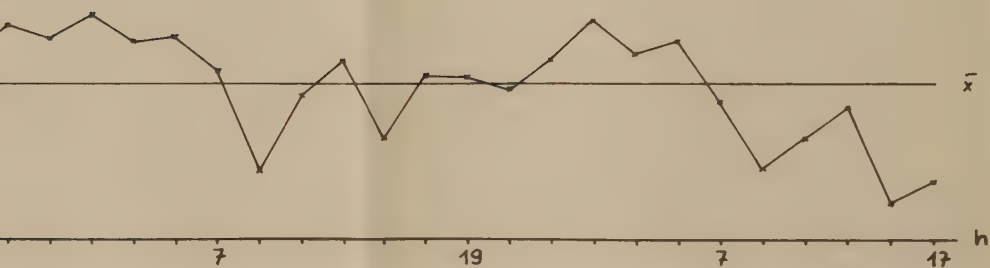
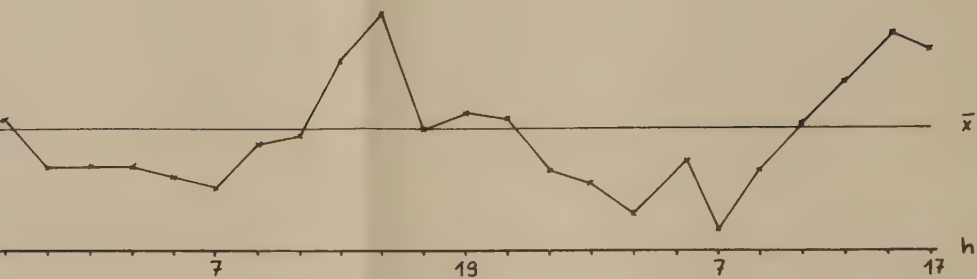


m val Ca



Diegels über 84 Stunden von 10 Kühen

(Gruppe II)



III Statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Aufstellung der zu prüfenden Fragen

Mit Hilfe statistischer Analysen und Verfahren soll geprüft werden, ob die allgemeinen Beobachtungen aus den beiden Untersuchungsgruppen sich statistisch sichern lassen, oder diese nur zufälligen Charakter haben.

Diese Untersuchungen wurden im einzelnen auf Grund der graphischen Darstellungen der Abbildungen 2 und 6 vorgenommen, Die Abbildung 2 ist auf der Seite 22 erläutert worden. Die Abbildung 6 stellt die Untersuchungsergebnisse der Gruppe II für einen Tag-Nacht-Bereich zusammengefaßt dar. Es wurden dazu alle Serumwerte der zeitgleichen Untersuchungsstunden gemittelt, es sind also für die untersuchten Tagesstunden 40 Untersuchungswerte und für die Nachtstunden 30 Werte von 10 Kühen im Durchschnitt dargestellt. Beide Darstellungen bringen das durchschnittlich gleiche Verhalten des Serumspiegels im Verlauf von 24 Stunden zum Ausdruck.

Für Natrium soll geprüft werden:

1. Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der durchschnittlichen Tages- und Nachtserumkonzentration?
2. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Serumkonzentration und der Tageszeit?

Für Kalium soll geprüft werden:

Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den mittleren Konzentrationen der Tageszeiten

Untersuchungsgruppe I

1. 9³⁰ und 12³⁰ Uhr?
2. 12³⁰ und 15³⁰ Uhr?
3. 15³⁰ und 2³⁰ Uhr?

Untersuchungsgruppe II

1. 9⁰⁰ und 13⁰⁰ Uhr?
2. 13⁰⁰ und 15⁰⁰ Uhr?
3. 15⁰⁰ und 1⁰⁰ Uhr?

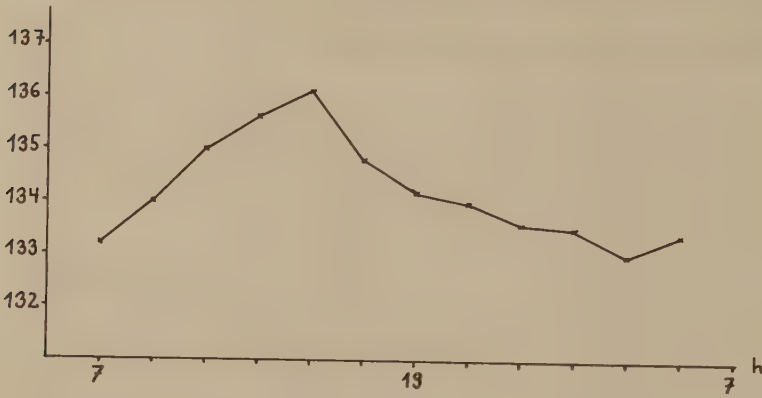
Für Calcium soll geprüft werden:

Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Tages- und Nachtserumkonzentrationen?

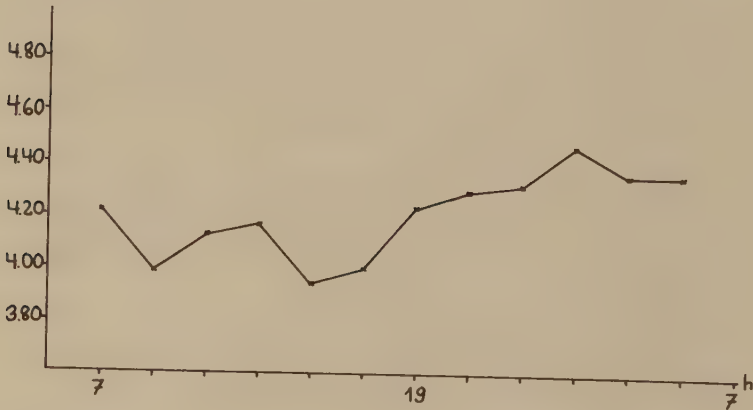
Na-, K- und Ca-Serumspiegel im Verlauf von 24 Stunden

m val Na

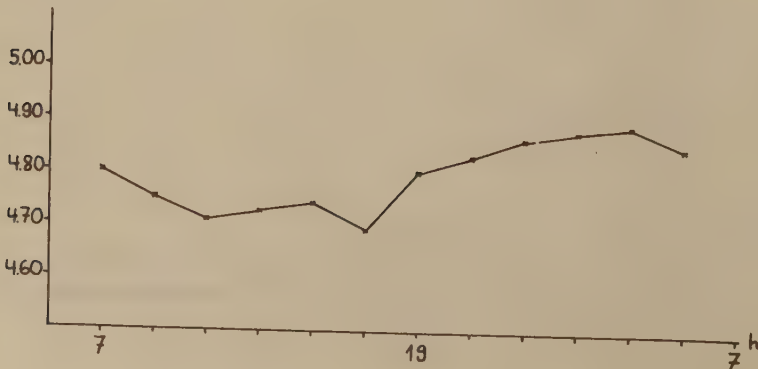
(Gruppe II zusammengefasst)



m val K



m val Ca



Statistische Verfahren

Paarweiser Vergleich

Die Untersuchung des Unterschiedes zwischen den Tag- und Nachtwerten wird mit Hilfe eines Vergleiches von Mittelwerten bei paarweiser Zuordnung der Einzelwerte (WEBER 56) ausgeführt. Es werden die Differenzen der Wertepaare gebildet und wie eine Stichprobe behandelt.

Die Differenzen der Wertepaare werden d_i genannt. Der Mittelwert der Differenzen $\bar{d}$ ergibt sich aus

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum d_i \quad (a)$$

und als Standardabweichung

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}} \quad (b)$$

Es ist zu prüfen, daß in den Grundgesamtheiten zwischen Tag- und Nachtwerten kein Unterschied besteht.

Als Prüfvariable wird

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d} \cdot \sqrt{n} \quad \text{verwendet.} \quad (c)$$

Die Hypothese wird angenommen, wenn

$$t \leq t_{(\alpha; f)} \quad \text{ist.} \quad (d)$$

Anwendungsbeispiel:

Rd.	Tag	Nacht	d_i	$(d_i - \bar{d})^2$
1	133,8	132,8	1,00	0,04
2	134,9	134,5	0,40	0,64
3	135,8	133,7	2,10	0,81
4	134,5	133,1	1,40	0,04
5	133,4	132,2	1,20	0,00
6	135,4	133,5	1,90	0,49
7	134,1	133,3	0,80	0,16
8	135,1	135,1	0,00	1,44
9	135,1	133,2	1,90	0,49
10	136,4	134,8	1,60	0,16
	134,85	133,63	12,3	4,27

$\bar{d}$ errechnet sich nach (a) mit

$$\bar{d} = \frac{12,3}{10} = 1,23$$

s_d ist nach (b)

$$s_d = \sqrt{\frac{4,27}{9}} = 0,6885 \quad n = 10$$

Die Prüfung des Unterschiedes ergibt durch (c)

$$\begin{aligned} t &= \frac{1,23}{0,6885} \cdot 3,165 = 5,652 & \alpha &= 5 \% \\ & & f &= n-1 = 9 \\ t &= 5,652 > t_{(\alpha;f)} = 2,26 \end{aligned}$$

$t_{(\alpha;f)}$ ist der sogenannte kritische Wert, der mit Hilfe der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit (α) und der Zahl der Freiheitsgrade (f) aus der Tabelle entnommen wird (WEBER 56, Tabelle 5).

Die Hypothese wird abgelehnt, da der berechnete t -Wert größer ist als $t_{(\alpha;f)}$. Der durchschnittliche Natriumserumspiegel ist während der Tageszeit bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit (α) gleich 5 % signifikant höher als während der Nacht.

Regression

Die Abhängigkeit der mittleren Höhe der Serumnatriumkonzentration von der Zeit wird mit Hilfe einer Regressionsanalyse untersucht.

Dafür wird folgender linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der Serumnatriumkonzentration und der Zeit angenommen:

$$Y_1 = \bar{y} + b_{yt} \cdot t_1 \quad (a)$$

In dieser Gleichung ist $\bar{y}$ der Mittelwert aus den Natriumwerten, für die die Analyse durchgeführt wird. Mit b_{yt} wird der Regressionskoeffizient der Regressionsgraden in Abhängigkeit von der Zeit (t) und mit b_{ty} in Abhängigkeit von der Serumnatriumkonzentration bezeichnet.

$$b_{yt} = \frac{\sum y_i \cdot t^{\wedge}}{\sum (t^{\wedge})^2} \quad (b); \quad b_{ty} = \frac{\sum y_i \cdot t^{\wedge}}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (c)$$

Für y_i sind die einzelnen Na-Werte, aus denen $\bar{y}$ gebildet wurde, einzusetzen. Zur vereinfachten Berechnung von b sind die Zeitwerte (t) derart transformiert, daß ihre Summe gleich Null ist. Sie tragen die Bezeichnung $t^{\wedge}$. Ist b_{yt} berechnet, so kann nach (a) die Regressionsgrade ermittelt werden. Für diese bestimmt b_{yt} die Steigung. Die mittlere quadratische Abweichung (s_{yt}) der einzelnen Beobachtungswerte (y_i) von den entsprechenden Werten auf der Regressionsgraden wird in Anlehnung an Weber nach

$$s_{yt}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 2} = \sum (y_i - \bar{y})^2 - \frac{(\sum t^{\wedge} y_i)^2}{\sum (t^{\wedge})^2} \quad (d)$$

$$s_{yt} = \sqrt{s_{yt}^2} \quad \text{berechnet.}$$

Im folgenden ist zu untersuchen, ob die empirisch ermittelte Regression echt oder nur zufällig ist. Es ist dafür die Hypothese aufzustellen, daß in der Grundgesamtheit Unabhängigkeit im Mittel bestehen soll. Die Prüfhypothese ($H_0: \rho = 0$) wird angenommen, wenn

$$r \leq \frac{t_{(1-\alpha/2; n-2)}}{\sqrt{t_{(1-\alpha/2; n-2)}^2 + n-2}} \quad \text{ist.} \quad (e)$$

Es bedeuten r der Korrelationskoeffizient, der aus

$$r = \sqrt{b_{yt} \cdot b_{ty}} \quad \text{berechnet wird. (f)}$$

$t_{(1-\alpha/2; n-2)}$ stellt einen von α und n abhängigen theoretischen Wert dar (WEBER, Tabelle 5). Ist r größer als der kritische Wert in (e), so ist die Hypothese auf Unabhängigkeit im Mittel bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit ($\alpha = 5\%$) abzulehnen, d. h., die empirisch ermittelte Regression ist nicht zufällig.

Anwendungsbeispiel:

t	t ²	y _i	(t ²) ²	y _i t ²	(y _i - $\bar{y}$) ²
3	-3	133,0	9	-399,0	1,69
5	-2	133,4	4	-266,8	0,81
7	-1	133,2	1	-133,2	1,21
9	0	134,0	0	0,0	0,09
11	1	135,0	1	135,0	0,49
13	2	135,6	4	271,2	1,69
15	3	136,0	9	408,0	2,89
	0	134,3	28	+15,2	8,87

Nach (b) und (c) sind

$$b_{yt} = \frac{15,2}{28} = 0,5428 \text{ und } b_{ty} = \frac{15,2}{8,87} = 1,7136$$

Die Standardabweichung (s_{yt}) ist nach (d)

$$s_{yt} = \sqrt{\frac{1}{5} \left(8,87 - \frac{231,04}{28} \right)} = \pm 0,352$$

Nachdem der Korrelationskoeffizient nach (f) mit

$r = \sqrt{0,5428 \cdot 1,7136} = 0,964$ ist, wird die Prüfung der Regression (y nach t) nach (e) durchgeführt.

$$r = 0,964 > \frac{2,57}{\sqrt{2,57^2 + 5}} \quad t_{(1-\alpha/2; n-2)} = 2,57$$

$$\alpha = 5\%$$

$$n = 7 \quad (\text{WEBER})$$

Die Prüfhypothese ($H_0: \rho = 0$) muß abgelehnt werden, da

$$r = 0,964 > 0,7528 \text{ ist.}$$

Häufigkeitsverteilung

Für alle im Rahmen der Untersuchungsgruppe I erhaltenen Na-, K- und Calciumwerte wurde nach folgendem Schema eine Häufigkeitsverteilung aufgestellt (WEBER). Aus der Urliste (Meßprotokolle, die die Meßwerte nach der Untersuchungsfolge enthalten) wird die primäre Verteilungstafel aufgestellt, d. h. die empirisch gefundenen Werte werden arithmetisch geordnet und ihre Häufigkeit notiert. Danach wird der Bereich zwischen dem kleinsten und größten Meßwert in gleich große Klassen eingeteilt. Die Häufigkeiten in den verschiedenen Klassen werden in Prozent von der Gesamtbeobachtungszahl berechnet. In Tabellen (Reduktionslagen) werden die Häufigkeiten absolut und in Prozent zusammengestellt.

In der Tabelle (d) sind die Klassengrenzen, Klassenmittel und die Häufigkeiten eingetragen; in der Abbildung (7) sind die Häufigkeiten graphisch dargestellt. Aus diesen ist zu ersehen, daß für die drei Grundgesamtheiten (Na, K und Ca) annähernd eine Normalverteilung vorliegt.

Zusammenstellung der statistischen Ergebnisse

Natrium:

Paarweiser Vergleich - Tag/Nacht

Untersuchungsgruppe I

Aus den Stundenwerten von einschließlich 6³⁰ bis 17³⁰ Uhr wurden für die einzelnen Kühe die Tagesmittelwerte gebildet und aus den Werten von einschließlich 18³⁰ bis 5³⁰ Uhr die Nachtmittelwerte.

$$\begin{array}{llllll} \bar{x} \text{ Tag} & 137,5 & \text{mval} & \bar{d} & = 0,80 & n = 15 \\ \bar{x} \text{ Nacht} & 136,7 & \text{mval} & s_d & = 1,08 & \alpha = 5\% \\ & & & & & f = n-1=14 \\ t = 2,68 & > t_{\alpha;f} = 2,14 \end{array}$$

Der durchschnittliche Natriumserumspiegel ist während der Tageszeit signifikant höher als während der Nacht.

Untersuchungsgruppe II

Der Tagesmittelwert wurde aus den Beobachtungswerten 7 bis

einschließlich 17 Uhr gebildet, aus den 19 bis 5 Uhr-Werten die Nachtmittelwerte.

$$\begin{array}{llllll} \bar{x} \text{ Tag} & 134,85 & \text{mval} & \bar{d} = 1,23 & n = 10 \\ \bar{x} \text{ Nacht} & 133,63 & \text{mval} & s_d = 0,688 & \alpha = 5 \% \\ & & & & f = 9 \\ t = 5,65 & > & t_{\alpha;f} = 2,26 \end{array}$$

Der mittlere Serumentagesspiegel ist signifikant höher als während der Nacht.

Regression

Es wurde für beide Untersuchungsgruppen geprüft, ob der Anstieg der Serumnatriumkonzentration zwischen 3 und 15 Uhr und der Abfall zwischen 15 und 3 Uhr im Mittel abhängig von der Zeit ist. In die Prüfverfahren wurden die Werte, die in den Abbildungen 2 und 6 dargestellt sind, eingesetzt.

Untersuchungsgruppe I

Für die Berechnung wurden die Werte von 6³⁰ und 7³⁰ Uhr gemittelt und auf 7 Uhr gesetzt, 8³⁰ und 9³⁰ Uhr auf 9 Uhr usw.

Anstieg 3 bis 15 Uhr

$$\begin{array}{llll} b_{yt} = 0,3392 & s_{yt} = 0,286 & n = 7 \\ b_{ty} = 2,6170 & r = 0,942 & \alpha = 5\% \\ & & f = n-2=5 \end{array}$$

$$r = 0,942 > 0,7528$$

Abstieg 15 bis 3 Uhr

$$\begin{array}{llll} b_{yt} = -0,2892 & s_{yt} = 0,456 & n = 7 \\ b_{ty} = -2,3964 & r = 0,8325 & \alpha = 5 \% \\ & & f = 5 \end{array}$$

$$r = 0,8325 > 0,7528$$

Untersuchungsgruppe II

Der Berechnung liegen die Werte der Abbildung 6 zu Grunde.

Anstieg 3 bis 15 Uhr

$$\begin{array}{llll} b_{yt} = 0,5428 & s_{yt} = 0,352 & n = 7 \\ b_{ty} = 1,7136 & r = 0,964 & \alpha = 5 \% \\ & & f = 5 \end{array}$$

$$r = 0,964 > 0,7528$$

Abstieg 15 bis 3 Uhr

$$\begin{array}{llll} b_{yt} = -0,4357 & s_{yt} = 0,352 & n = 7 \\ b_{ty} = -2,0573 & r = 0,9465 & \alpha = 5\% \\ & & f = 5 \end{array}$$

$$r = 0,9465 > 0,7528$$

Da in allen Prüfungen der Korrelationskoeffizient größer als der kritische Wert der Prüfvariablen (e, Seite 37) ist, wird die Hypothese ($H_0: \xi = 0$) abgelehnt.

Die ermittelten Regressionen sind für die Irrtumswahrscheinlichkeit (α) gleich 5 % nicht zufällig.

In der Abbildung 8 sind die Regressionen graphisch dargestellt.

Kalium:

Paarweiser Vergleich

Untersuchungsgruppe I

In die Vergleiche wurden die einzelnen Beobachtungswerte der Kühe einzeln entsprechend der geprüften Tageszeiten eingesetzt.

Vergleich 9³⁰ - 12³⁰ Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x} \ 9^{30} = 3,96 \text{ mval} & \bar{d} = 0,30 & n = 15 \\ \bar{x} \ 12^{30} = 4,26 \text{ mval} & s_d = 0,44 & \alpha = 5 \\ & & f = 14 \end{array}$$

$$t = 2,631 > t_{\alpha;f} = 2,14$$

Vergleich 12³⁰ - 15³⁰ Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x} \ 12^{30} = 4,26 \text{ mval} & \bar{d} = 0,34 & n = 15 \\ \bar{x} \ 15^{30} = 3,92 \text{ mval} & s_d = 0,326 & \alpha = 5 \\ & & f = 14 \end{array}$$

$$t = 4,03 > t_{\alpha;f} = 2,14$$

Vergleich 15³⁰ - 2³⁰ Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x} \ 15^{30} = 3,92 \text{ mval} & \bar{d} = -0,57 & n = 15 \\ \bar{x} \ 2^{30} = 4,49 \text{ mval} & s_d = 0,47 & \alpha = 5 \\ & & f = 14 \end{array}$$

$$t = 4,68 > t_{\alpha;f} = 2,14$$

Da in allen drei Prüfungen für die Untersuchungsgruppe I die berechneten t-Werte größer als die Tabellenwerte für α und f

sind, ist in allen Fällen die Nullhypothese abzulehnen. Zwischen den geprüften Zeiten bestehen für die Kaliumserumkonzentrationen signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit (α) gleich 5 %.

Untersuchungsgruppe II

Die Vergleiche wurden für jeweils 30 Wertepaare durchgeführt, die aus den Ergebnissen über 72 Stunden entnommen wurden.

Vergleich 9 - 13 Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x}_{9^{00}} = 4,00 \text{ mval} & \bar{d} = -0,20 & n = 30 \\ \bar{x}_{13^{00}} = 4,20 \text{ mval} & s_d = 0,31 & \alpha = 5 \\ & & f = 29 \end{array}$$

$$t = 3,466 > t_{\alpha;f} = 2,05$$

Vergleich 13 - 15 Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x}_{13^{00}} = 4,20 \text{ mval} & \bar{d} = 0,18 & n = 30 \\ \bar{x}_{15^{00}} = 4,02 \text{ mval} & s_d = 0,33 & \alpha = 5 \\ & & f = 29 \end{array}$$

$$t = 3,020 > t_{\alpha;f} = 2,05$$

Vergleich 15 - 1 Uhr

$$\begin{array}{llll} \bar{x}_{15^{00}} = 4,02 \text{ mval} & \bar{d} = 0,45 & n = 30 \\ \bar{x}_{1^{00}} = 4,47 \text{ mval} & s_d = 0,41 & \alpha = 5 \\ & & f = 29 \end{array}$$

$$t = 6,06 > t_{\alpha;f} = 2,05$$

Die errechneten t-Werte sind in allen drei Vergleichen größer als die Tabellenwerte. Damit ist ein signifikanter Unterschied der Kaliumserumkonzentrationen zwischen den gegenüber gestellten Zeiten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % gegeben.

Calcium:

Paarweiser Vergleich Tag/Nacht

Für beide Untersuchungsgruppen wurden die Wertepaare nach dem gleichen Schema aufgestellt wie für Natrium.

Untersuchungsgruppe I

$\bar{x}$ Tag	4,83 mval	$\bar{d} = 0,043$	$n = 15$
$\bar{x}$ Nacht	4,87 mval	$s_d = 0,133$	$\alpha = 5$
			$f = 14$

$$t = 1,26 < t_{\alpha;f} = 2,14$$

Die Nullhypothese muß angenommen werden, da der berechnete t-Wert für das zu Grunde liegende Material bei der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % kleiner als der Tabellenwert ist.

Der Unterschied der mittleren Tag- und Nachtkonzentrationen ist nicht signifikant verschieden.

Untersuchungsgruppe II

$\bar{x}$ Tag	4,78 mval	$\bar{d} = -0,073$	$n = 10$
$\bar{x}$ Nacht	4,85 mval	$s_d = 0,054$	$\alpha = 5$
			$f = 9$

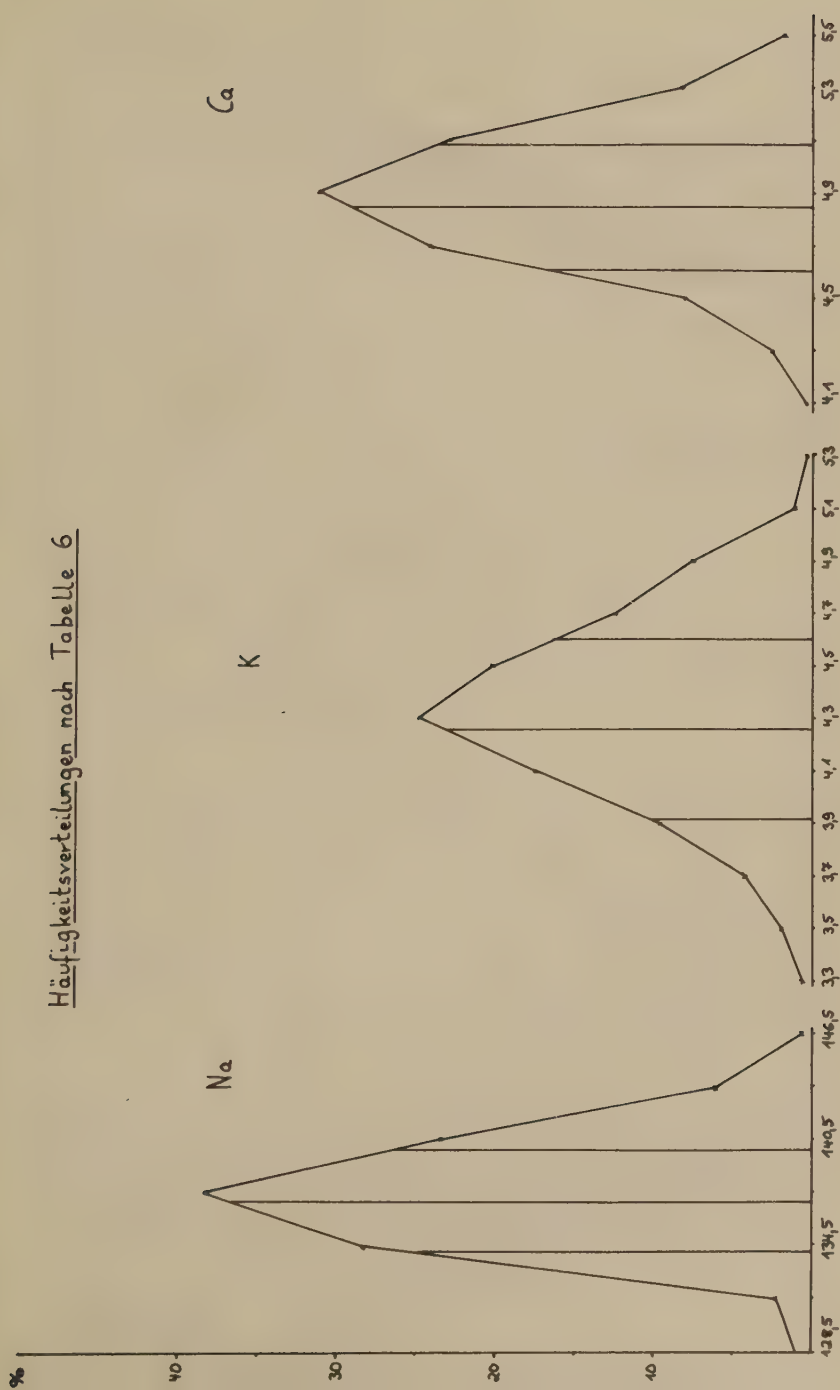
$$t = 4,27 > t_{\alpha;f} = 2,26$$

Die Nullhypothese wird abgelehnt, da der errechnete t-Wert größer als der Tafelwert ist. Der durchschnittliche Serumcalciumspiegel ist während der Nachtstunden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant höher als am Tage.

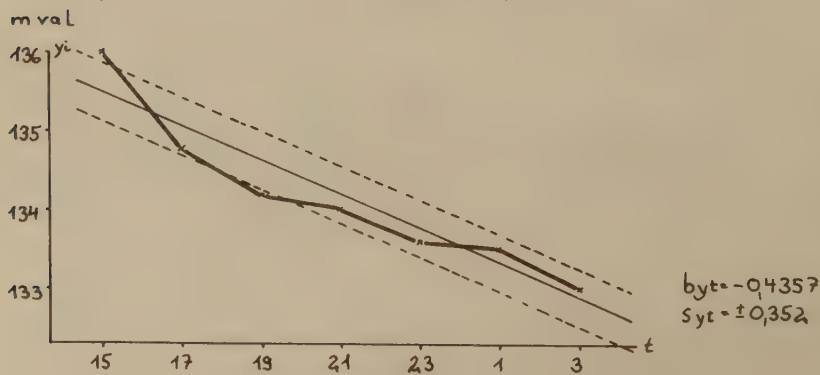
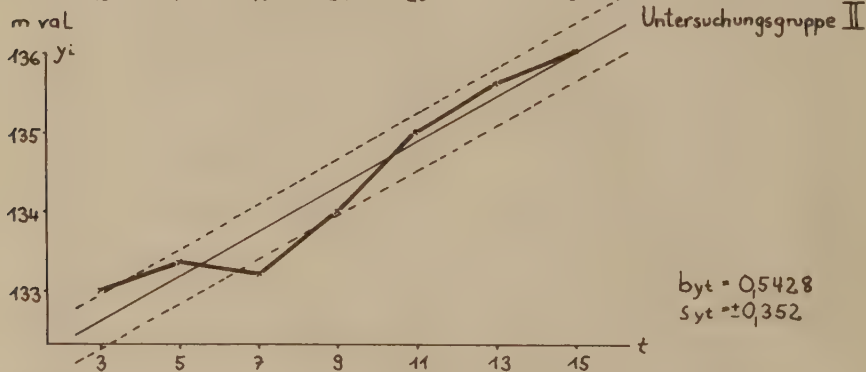
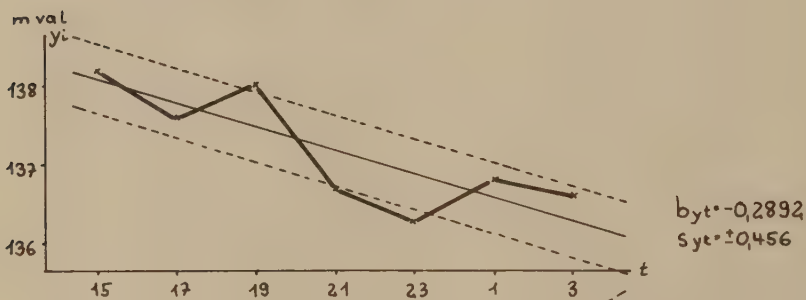
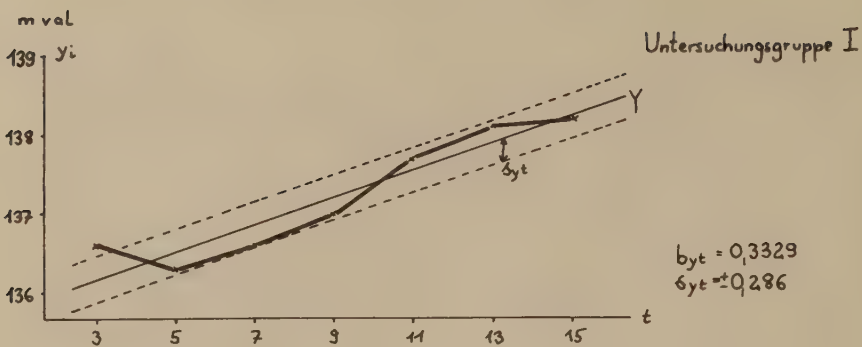
Tabelle d
Reduktionslagen für die Häufigkeitsverteilungen

	Klassengrenzen	Klassenmittel	Häufigkeiten insg. in %	
Na	127,0 - 129,9	128,5	3	0,8
	130,0 - 132,9	131,5	8	2,2
	133,0 - 135,9	134,5	102	28,3
	136,0 - 138,9	137,5	138	38,2
	139,0 - 141,9	140,5	85	23,5
	142,0 - 144,9	143,5	22	6,1
	145,0 - 147,9	146,5	2	0,6
			<u>360</u>	<u>99,7</u>
K	3,20 - 3,39	3,3	2	0,6
	3,40 - 3,59	3,5	7	1,9
	3,60 - 3,79	3,7	15	4,2
	3,80 - 3,99	3,9	35	9,7
	4,00 - 4,19	4,1	64	17,7
	4,20 - 4,39	4,3	90	24,9
	4,40 - 4,59	4,5	68	18,7
	4,60 - 4,79	4,7	46	12,7
	4,80 - 4,99	4,9	28	7,8
	5,00 - 5,19	5,1	4	1,1
	5,20 - 5,39	5,3	1	0,3
			<u>360</u>	<u>99,6</u>
Ca	4,00 - 4,19	4,1	1	0,3
	4,20 - 4,39	4,3	10	2,8
	4,40 - 4,59	4,5	29	8,0
	4,60 - 4,79	4,7	88	24,4
	4,80 - 4,99	4,9	113	31,3
	5,00 - 5,19	5,1	83	23,0
	5,20 - 5,39	5,3	30	8,3
	5,40 - 5,59	5,5	6	1,7
			<u>360</u>	<u>99,8</u>

Häufigkeitsverteilungen nach Tabelle 6



Darstellung der Regressionsgeraden



BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE =====

Ein Vergleich der Abbildungen 2 und 6, die das grundsätzliche Verhalten des Natrium-, Kalium- und Calciumserumspiegels im Verlauf von 24 Stunden veranschaulichen, zeigt, daß sich die Ergebnisse der beiden Untersuchungsreihen decken. Die Natriumserumkonzentrationen sind zur Tageszeit höher als während der Nacht. Für die Kalium- und Calciumserumwerte liegt ein umgekehrtes Verhalten vor.

Der Serumspiegel der Elektrolyte verändert sich bei den einzelnen Tieren von einem zum anderen Beobachtungszeitpunkt. Unabhängig davon ist aber die für jedes Elektrolyt typische Grundtendenz des Höhenverlaufes der Serumspiegel für einzelne Tiere und Gruppen vorhanden (Abb. 1 bis 6).

Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe II geben über die Veränderungen der mittleren Konzentrationen (24-Stundenmittelwert) an aufeinander folgenden Tagen Aufschluß. Sie verändern sich in der Regel von Tag zu Tag, wobei die einzelnen Phasen der charakteristischen Tagesrhythmik erhalten bleiben (Abb. 4 und 5).

Die im Mittel gefundenen Maxima und Minima des Serumspiegels während des Tagesverlaufes (Abb. 2, 5 und 6), werden beim Einzeltier nicht exakt zu den entsprechenden Zeiten erreicht. Zum Beispiel kann der Tageshöchstwert des Natriumspiegels sowohl schon um 13 Uhr als auch erst um 17 Uhr erreicht werden. Diese und ähnliche Verschiebungen der Tagesperiodik sind aus den Abbildungen 3, 4 und 5 ersichtlich. Ebenso sind die Differenzen zwischen den maximalen - und minimalen Tageswerten der einzelnen Tiere an einem Tage und für ein Tier von Tag zu Tag unterschiedlich.

Der Vergleich der quadratischen Abweichungen der Mittelwerte der untersuchten Kühe (vergl. Tabellen a, b, c) läßt für die Kaliumkonzentrationen die größeren Werte erkennen. Der Natriumspiegel verändert sich am geringsten, während die

Ca-Schwankungen in ihren durchschnittlichen Ausmaßen zwischen denen von Kalium und Natrium liegen.

Die Berechnungen der Streuungen der Einzelwerte von den Stundenmittelwerten (Tabelle b) haben ergeben, daß sie jeweils in der für das Elektrolyt charakteristischen Größenordnung, zu allen untersuchten Stunden annähernd gleich groß sind (Abb. 2).

Für Natrium ist ein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Tages- und Nachtwerten festgestellt worden, mit Werten von $\bar{d}$ 0,80 mval (Gruppe I) und $\bar{d}$ 1,23 mval (Gruppe II), wobei für das Einzeltier Unterschiede bis zu 2,6 mval (ca. 2 %) gefunden wurden.

Die durchschnittlichen Natriumkonzentrationen über 24 Stunden (24-Stundenmittelwerte) schwanken in ihrer Höhe von einem zum anderen Tag bis zu 5,0 mval (3,5 %). Die Streuungen der Serumwerte bei den einzelnen Tieren um den Mittelwert für die entsprechende Untersuchungszeit und auch um die Stundenmittelwerte liegen in Grenzen von 0,9 und 3 %.

Um 15 Uhr erreicht der Natriumserumspiegel im Mittel seinen Tageshöhepunkt und um 3 Uhr den Tiefpunkt (Abb. 2 und 6). Die durchschnittliche Differenz ist 3,08 mval, für Einzeltiere bis 9,0 mval (ca. 7 %). Zwischen diesen Zeiten steigen die Serumkonzentrationen stetig an und ab und sind im Mittel abhängig von der Zeit (Abb. 8).

Die Schwankungen des Natriumspiegels sind im Verhältnis zur mittleren Serumkonzentration gering.

Die Höhe der Kaliumkonzentrationen unterliegt einem Tagesrhythmus. Die Differenzen zwischen den mittleren Höhen und Tiefen der Verlaufskurve der Serumkonzentration (Abb. 2 und 6) sind signifikant.

Die durchschnittliche Kaliumkonzentration ist mittags 5 und 7 % (Gruppe I und II) höher als um 9 Uhr, bei Einzeltieren bis zu 20 und 30 %. Um 15 Uhr waren die Kaliumserumkonzentrationen wieder 9 und 5 % niedriger als mittags, wobei diese im einzelnen bis um 15 und 20 % abgefallen waren. Der An-

stieg zur Nacht ist mit ca. 15 und 12 % um 2^{30} und 1 Uhr im Durchschnitt stärker als zu den beiden Tagesunterschieden. Für einzelne Kühe wurden um 25 und 30 % höhere Werte, gegenüber 15 Uhr beobachtet.

Die 24-Stundenkonzentrationen veränderten sich bei Einzeltieren von Tag zu Tag bis zu 0,80 mval (ca. 18 %). Die Streuungen der Einzelwerte um die Mittelwerte bewegen sich in Grenzen zwischen 4,8 und 11,6 %.

Die Calciumserumkonzentration ist während der Nacht höher als am Tage. Für die Untersuchungsgruppe I ließ sich die mittlere Differenz ($\bar{d} = 0,043$), für die in allen statistischen Prüfungen vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit nicht sichern, während für die Gruppe II ein signifikanter Unterschied vorliegt. An Hand des für die Untersuchungsgruppe I errechneten t-Wertes kann in t-Tabellen (WEBER) nachgeprüft werden, daß für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 25 % der Tagunterschied noch signifikant wäre. Es soll damit betont werden, daß auch in dieser Gruppe in der Mehrzahl nachts höhere Werte gefunden wurden.

Die Höhe des Calciumserumspiegels sinkt bis 17 Uhr und steigt danach bis 3 Uhr wieder an. Eine Abhängigkeit von der Zeit ließ sich für diese Beobachtung nicht nachweisen. Die durchschnittliche Differenz zwischen 15 und 3 Uhr ist $\bar{d} = 0,145$ mval (ca. 3 bis 4 %). Unterschiede bis 10 % wurden bei Einzeltieren beobachtet.

Die 24-Stundenkonzentrationen einzelner Tiere differierten von Tag zu Tag bis zu 0,31 mval (ca. 6 %). Die Streuungen der Ca-Werte um die entsprechenden Mittelwerte liegen in Grenzen von 2,6 bis 6,5 %.

Die Ursachen der Tagesrhythmik der Elektrolytserumspiegel können nicht aus den Untersuchungen erklärt werden.

Der mögliche Einfluß der Blutentnahmen durch dauernde Punktionen der Jugularis kann ausgeschlossen werden, da im zweiten Versuch zur Blutentnahme Katheter angelegt und gleiche Ergebnisse erzielt wurden. KAFKA und HERRMANN (19) sprechen von einer geringen Erhöhung der Serumelektrolyte als Folge

eines physischen Einflusses durch die Venenpunktion bei Menschen, der aber nach Gewöhnung wegfällt. Nach BAUMANN (5), RAUSCH und GRAUL (37) ist die Technik der Blutentnahme ohne Einfluß auf die Serumwerte.

Angaben über spezielle Untersuchungen des Verhaltens der Elektrolyte im Rinderserum während eines Tagesablaufes sind in der mir zugänglichen Literatur nicht vorhanden. Vergleiche meiner Ergebnisse mit anderen sind daher nur teilweise möglich. Die Beobachtungen RUSTIGES (41), daß die Calciumserumwerte nach der morgentlichen Fütterung im Verlaufe des Tages signifikant abfallen und gegen Abend die Ausgangshöhe wieder erreichen, deckt sich grundsätzlich mit meinen Ergebnissen. Da aber zur Nacht ein Anstieg der Calciumwerte vorliegt, ist eine Abhängigkeit von der Fütterung fraglich.

Den Einfluß hoher Kalium- und Phosphorgaben auf den Mineralstoffwechsel haben STEINBECK (49) und SELLE (47) untersucht, aber dabei nicht die Veränderungen der Serumkonzentrationen von Natrium, Kalium und Calcium angegeben.

VOGEL (55) und KETZ (21) konnten für die Elektrolytausscheidungen durch die Niere einen Tag-Nacht-Rhythmus nachweisen. Aus Angaben VOGELS über einen Versuch an 17 Kühen, deren Elektrolytplasmakonzentrationen von 8 bis 16 Uhr im Abstand von 2 Stunden untersucht wurden, ist eine Veränderung der Kaliumkonzentrationen ersichtlich, die meinen Ergebnissen ähnlich ist. Die Kaliumserumwerte fallen von 4,5 mval um 8 Uhr auf 3,9 mval um 12 Uhr ab. Das ist eine Differenz von ca. 13 %. Um 14 Uhr erreichen sie wieder eine Höhe von 4,5 mval. Die Konzentration von 4,3 mval um 16 Uhr ist gegenüber der um 14 Uhr wiederum um 5,5 % gesunken.

PONSOLD und MITARBEITER (36) konnten an Ratten, Mäusen und Meerschweinchen keine signifikanten tageszeitlichen Schwankungen des Calciumserumspiegels zwischen 8 und 18 Uhr feststellen.

Über andere Untersuchungen der Elektrolytausscheidungen während des Tages und der Nacht an Neurotikern und depressiven Patienten berichten ELITHORN und BRIDGES (10). Sie haben festgestellt, daß die depressiven Patienten im Vergleich zu

Neurotikern tagsüber weniger Na und Cl ausscheiden, als während der Nacht. Sie führen diesen Unterschied auf einen endogen gestörten Schlaf der depressiven Patienten zurück.

Ein Vergleich meiner durchschnittlichen Ergebnisse mit den in der Literatur angegebenen Serumwerten zeigt, daß die Natriumwerte bis 15 mval und die Kaliumwerte bis 2 mval niedriger sind. Die Calciumwerte liegen im Bereich anderer Untersuchungsergebnisse.

Die Gesamtmittelwerte für Natrium, Kalium und Calcium sind nach den Ergebnissen im Winter (Gruppe I) höher als im Sommer (Gruppe II). Dieser Unterschied ist statistisch nicht gesichert.

ZUSAMMENFASSUNG

=====

Einleitend werden die in der Literatur angegebenen Ergebnisse von Na-, K- und Ca-Untersuchungen im Blutserum bei Rindern und die Methode der Flammenphotometrie besprochen.

Es wird über das Verhalten des Na-, K- und Ca-Serumspiegels im Verlauf von 24 Stunden berichtet.

In der Untersuchungsgruppe I (15 Kühe) wurden stündlich die Serumwerte im Verlauf von 24 Stunden bestimmt. In der Untersuchungsgruppe II (10 Kühe) wurden diese Bestimmungen auf 84 Stunden bei zweistündlicher Blutentnahme ausgedehnt.

Als Tag wird die Zeit 6 bis 17 Uhr und als Nacht die Zeit von 19 bis 5 Uhr festgelegt.

Folgende Ergebnisse, die statistisch geprüft sind, wurden festgestellt:

Die Mittelwerte aus allen Bestimmungen betragen für

	Na	K	Ca
	mval	mval	mval
Gruppe I	$137,12 \pm 2,84$	$4,26 \pm 0,34$	$4,85 \pm 0,24$
Gruppe II	$134,29 \pm 2,78$	$4,19 \pm 0,40$	$4,77 \pm 0,26$

Für das Verhalten der Elektrolytserumspiegel ist ein 24-Stundenrhythmus festgestellt worden.

Natrium

Die Na-Tageskonzentrationen sind $1,23$ mval (ca. 0,9 %) signifikant höher als die Nachtkonzentrationen. Zwischen dem Maximum des Serumspiegels um 15 Uhr und dem Minimum um 3 Uhr liegt ein tagesrhythmischer An- und Abstieg vor, der im Mittel von der Tageszeit abhängig ist.

Kalium

Der Kalium-Serumspiegel unterliegt einem 24-Stundenrhythmus. Die Kaliumwerte sind während der Tagesstunden 0,21 mval (ca. 4,8 %) signifikant niedriger als während der Nacht.

Von einer annähernd gleichmäßigen Höhe der Serumkonzentrationen während der Nacht, fällt der Serumspiegel bis 9 Uhr signifikant ab und steigt bis Mittag wieder signifikant an. Um 15 Uhr ist danach wieder ein statistisch gesicherter Abfall festzustellen, wonach gegen Abend ein Anstieg der Konzentrationen über das mittlere Tagesniveau hinaus folgt, der während der Nachtstunden annähernd gleichmäßig hoch bleibt.

Calcium

Der Serumcalciumspiegel ist am Tage niedriger als in der Nacht.

Die Tag-Nacht-Unterschiede der Untersuchungsgruppe I sind bei einer Differenz von 0,043 mval (ca. 0,9 %) für die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die Tag-Nacht-Unterschiede der Gruppe II sind bei einer Differenz von 0,073 mval (ca. 1,5 %) signifikant.

Der Serumspiegel erreicht im Mittel um 17 Uhr sein Minimum und um 3 Uhr sein Maximum.

Nach diesen Befunden ist für den Serumspiegel der Elektrolyte Na, K und Ca ein 24-Stundenrhythmus vorhanden, der durch eine unterschiedliche Höhe der Tages- und Nachtkonzentrationen gekennzeichnet ist.

Die Differenzen sind gering, sie sind aber statistisch gesichert.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S
=====

1. ALIKAEV, V. A.:

Veterinary Control on Feeding Domestic Animals 3 A39
Kongreßberichte, XVII. Welt-Tierärztekongreß
Hannover 1963
Alle Rechte, die Deutsche Tierärzteschaft Wiesbaden

2. AMROUSI, S. El:

Untersuchungen über die Elektrolyte Kalium, Natrium
und Calcium im Blutserum gesunder und kranker Pferde.
Vet. med. Diss., Gießen 1961

3. ARTMEIER, P.:

Stoffwechseluntersuchungen an Rindern über das Ver-
halten von Kalium, Natrium und Mangan im Stoffwech-
sel junger Rinder.
Vet. med. Diss., München 1954

4. ASCHOFF, J.:

Gesetzmäßigkeiten der biologischen Tagesperiodik
Dtsch. med. Wschr., 88, 1930, 1963

5. BAUMANN, R., R. HERRMANN, R. METZGER:

Über Fehler bei der Bestimmung der Elektrolyte Na,
K und Ca im menschlichen Serum.
Ärztliche Wochenschrift 9, 204, 1954

6. BEIER, W., E. DÖRNER:

Die Physik und ihre Anwendung in Biologie und Medizin
Band II: Elektrik, Optik und Atomphysik.
VEB Georg Thieme Verlag, Leipzig 1957

7. BELKE, J., A. DIERKESMANN:

Eine Flammenphotometrische Methode zur Bestimmung von
Na, K und Ca in biologischen Flüssigkeiten.
N u. S Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 205, 629, 1948

8. BRÜGGEMANN, J., K. DREPPER, E. KOLB, G. SCHLIPP:
Über den Einfluß von Oestrogenen auf den Gehalt des
Blutes an Ca, Mg, P, Glukose und Cholesterin beim Rind.
Zbl. Vet. med. 1, 233, 1954
9. EISENHARDT, A.:
Flammenphotometrische Kaliumbestimmung im Serum bei
Schweinen.
Vet. med. Diss., Hannover 1954
10. ELITHORN, A., P. BRIDGES:
Diurnal rhythms of electrolyte excretion in depressive
illness.
Nature 199, 4894, 1963 (London)
11. GAFNER, P.:
Über den Natrium- und Kaliumgehalt des Blutplasmas
einiger Haustiere, sowie den Einfluß peroraler Natrium
und Kaliumverabreichung auf den Gehalt dieser
Elemente im Blut der Ziege.
Vet. med. Diss., Bern 1955
12. Handbuch: Flammenphotometer "Eppendorf"
Netheler & Hinz GmbH. Hamburg (Selbstverlag)
13. HEINE, W.:
Beitrag zur flammenphotometrischen Kalium- und
Natrium-Bestimmung im Serum von Hunden.
Vet. med. Diss., Hannover 1959
14. HERRMANN, R.:
Flammenphotometrie.
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956
15. HERRMANN, R., W. LANG:
Bestimmung von Natrium und Kalium mit Hilfe der
Absorptionsflammenphotometrie.
Zschr. ges. exp. Med. 134, 268, 1961

16. HIPPMANN, W.:

Über den Calcium- und Phosphorgehalt des Blutserums
bei gesunden Rindern.

Vet. med. Diss., Hannover 1930

17. HOPPE-SEYLER, F., H. THIERFELDER:

Handbuch der physiologisch- und pathologisch- chemi-
schen Analyse, Bd. III/1, S. 32-39, 50-60, 80-85

Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1955

18. HUMOLLER, F. L., J. R. WALSH:

Flammenphotometrische Bestimmung von Serumcalcium.

J. Laborat. Clin. Med. (S. Louis) 48, 127, 1956

19. KAFKA, J., R. HERRMANN:

Über Fehler bei der Bestimmung der Elektrolyte Na,
K und Ca im menschlichen Serum.

Ärztliche Wochenschrift 9, 547, 1954

20. KARLSON, P.:

Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und
Naturwissenschaftler.

Verlag Georg Thieme, Stuttgart 1961, 2. erg. Auflage

21. KETZ, H.-A.:

in: Kolb, E.: Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.

VEB G. Fischer Verlag, Jena, 1962

22. KLARE, H.-K.:

Praktischer Hinweis zur Serumkaliumbestimmung im
Routinelabor.

Ärztl. Labor 8, 252, 1962

23. KLAUS, H.:

Die flammenphotometrische Bestimmung des Na-, K- und
Ca-Gehaltes im Serum von gesunden, graviden und
laktierenden Hunden.

Vet. med. Diss., Leipzig 1955

24. KMENT, A.:
Kalium-Bestimmungen im Serum von Haustieren.
Wiener Tierärztl. Mschr. 7, 398, 1949
25. KÖHLER, G.:
Flammenphotometrische Untersuchungen auf Na und K im
Serum gesunder und urämischer Hunde.
Vet. med. Diss., Berlin 1961, Freie Universität
26. KOLB, E.:
Über den Einfluß von Oestrogenen auf den Gehalt des
Blutes an Calcium, Magnesium und Phosphor.
Vet. med. Diss., München 1952
27. KORNBERG, L.:
Flammenphotometrische Bestimmungen des Na-Gehaltes im
Blutserum bei klinisch gesunden und kranken Pferden,
Rindern und Schafen.
Vet. med. Diss., Hannover 1957
28. KORTÜM, G.:
Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis, Bd. II.
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1955
III Auflage
29. KÜHNERT, M.:
Die Anwendung der flammenphotometrischen Analyse in der
Veterinärmedizin.
Mhefte Vet. med. 16, 869, 1961
30. MEYER, H., J. RUSTIGE:•
Über den Einfluß des Ammoniakgehaltes im Pansen auf die
Höhe des Ca- und Mg-Serumspiegels im Blut des Rindes.
Deutsch. tierärztl. Wschr. 65, 131, 1958
31. NESENI, R.:
Der Blutcalcium- und -kaliumspiegel von Schlachtrindern
und Schweinen bei verschiedenen physiolog. Zuständen.
Deutsch. tierärztl. Wschr. 44, 560, 1936

32. NESENI, R.:

Der Einfluß der verschiedenen Betäubungsmethoden der Schlachttiere auf den Ca- und K-Spiegel des Blutes derselben.

Wiener Tierärztl. Mschr. 23, 513, 1936

33. v. OER und HÖFERT:

Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Na, K und Ca im Blutserum.

N u. S Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 214, 109, 1951

34. PIGOR, E.:

Zur flammenphotometrischen Bestimmung von Ca, Na und K im Blutserum.

Vet. med. Diss., Gießen 1954

35. PIJK, J., J. HOSTE:

Neutron activation Analysis.

Clin. Chim. Acta 7, 5, 1962

36. PONSOLD, W., G. LUFT, H. SEIPELT:

Bleibt der Serumcalciumspiegel von Nagetieren während des Tages konstant?

Naturwissenschaften 49, 88, 1962

37. RAUSCH und GRAUL:

Fehlerkritische Untersuchungen an blutchemischen Bestimmungsmethoden.

Ärztliche Wochenschrift 34, 524, 564, 591, 621, 1949

38. RICK, W., R. HERRMANN:

Probleme bei flammenspektrophotometrischen Serum-Calcium-Analysen mit Hilfe der H_2O_2 Flamme.

Z. ges. exp. Med. 136, 3. H. 1962

39. RICK, W., R. HERRMANN:

Über die Beseitigung von Störungen bei flammenspektrophotometrischen Serum-Calcium-Analysen in H_2O_2 Flammen.

Z. ges. exp. Med. 136, 4. H. 1963

40. RIETHMÜLLER, H. U.:

Zur Fehlerbreite der flammenphotometrischen Ca-Bestimmung im menschlichen Serum und Urin.

Klin. Wschr. 31, 527, 1963

41. RUSTIGE, J.:

Über den Einfluß verschiedener Eiweißrationen auf dem Reststickstoff-, Ca- und Mg-Gehalt des Blutes beim Rind.

Vet. med. Diss., Hannover 1958

42. SANDER, B.:

Flammenphotometrische Kaliumbestimmungen im Blutserum gesunder Rinder, Pferde und Schafe.

Vet. med. Diss., Hannover 1956

43. SCHMIDT, W.:

Anlage und statistische Auswertung von Untersuchungen.

M. und H. Schaper Verlag, Hannover, 1961

44. v. SCHÖNBERG, W. D.:

Zur Technik der Flammenphotometrie in der Klinik.

N u. S Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 214, 358, 1952

45. SCHÜTZ, W.:

Flammenphotometrische Untersuchungen von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum aller Haustiere.

Vet. med. Diss., Gießen 1954

46. SEEKLES, L.:

Die chemischen Änderungen des Blutserums bei Toxämien des Rindes mit Rücksicht auf die intravenöse Ca-Therapie.

Tierärztliche Rundschau 46, 355, 1940

47. SEELE, W.:

Der Einfluß hoher Kaliumgaben auf den Mineralstoffwechsel (Mg, Ca, P, K, Na) beim Rind.

Vet. med. Diss., Hannover 1961

48. SOMMER, H.:

Beitrag zur flammenphotometrischen Kaliumbestimmung
im Serum von Schweinen.

Mhefte Vet. med. 11, 154, 1956

49. STEINBECK, H.:

Über den Einfluß hoher K- und Phosphorgaben auf den
Mg-, P-, Ca-, Na- und K-Stoffwechsel beim Rind.

Vet. med. Diss., Hannover 1961

50. STEPHAN, E.:

Vergleichende Calciumbestimmungen im Blutserum ver-
schiedener Haustiere unter besonderer Berücksichtigung
der flammenphotometrischen Methode.

Vet. med. Diss., Hannover 1955

51. STEVENSON, D. E., A. A. WILSON:

Die Trennung von Calcium und Magnesium in biologischen
Flüssigkeiten.

Clin. Chim. Acta 6, 178, 1961

52. STORRY, J. E.:

Changes in Blood Constituents which in Dairy Cattle
transferred to Spring Pastures.

Res. vet. Sci. 2, 272, 1961

53. THIELSCHER, H.-H.:

Haematologische und pathologisch-anatomische Unter-
suchungen an Kühen aus einer Herde mit gehäuft auf-
tretender Leukose.

Vet. med. Diss., Berlin 1963, Freie Universität

54. UHLENBRUCK, K.:

Untersuchungen über den Gehalt des Rinderblutserums
an Ca und anorgan. Phosphor während der Rübenblatt-
fütterung und bei Zufütterung von "Basex" Bengen.

Vet. med. Diss., Hannover 1952

55. VOGEL, G.:

Beiträge zur Kenntnis der Nierenphysiologie einiger
Haussäugetiere.

Beiheft 3 zum Zentralblatt für Veterinärmedizin, 1962
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

56. WEBER, E.:

Grundriß der biologischen Statistik.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1961 4. Auflage

57. WESTPHAL, W. H.:

Ein Lehrbuch der Physik.

Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956

58. ZUCKER, H.:

Untersuchungen über den Einfluß eines Mineralbei-
futters auf den Calcium- und Phosphorgehalt des
Blutserums von Milchkühen.

Tierärztl. Umschau 8, 453, 1953

Herrn Professor Schützler danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die jeder Zeit erteilten Ratschläge.

Allen Mitarbeitern der Abteilung möchte ich ebenfalls meinen Dank abstaten.

Herr Prof. Dr. Heidrich, Freie Universität Berlin, stellte mir freundlicherweise alle Versuchstiere zur Verfügung, wofür ich danken möchte.

Herrn Hartmut Weiss danke ich für die Beratung in statistischen Fragen.

Tabelle 1

Natrium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

n	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8
6 ³⁰	141,0	139,0	138,0	138,0	140,0	137,0	136,0	133,0
7 ³⁰	139,0	142,0	138,0	137,0	140,0	134,0	140,0	134,0
8 ³⁰	140,0	141,0	138,0	137,0	141,0	136,5	137,0	136,0
9 ³⁰	140,0	140,0	138,0	137,0	136,0	138,0	139,0	135,0
10 ³⁰	143,0	142,0	137,5	139,0	138,0	138,5	139,0	138,0
11 ³⁰	140,0	142,0	138,0	135,5	138,0	137,0	138,0	139,0
12 ³⁰	139,0	141,0	145,0	138,0	138,0	137,5	142,5	141,0
13 ³⁰	143,0	141,0	143,0	136,0	136,0	138,0	137,0	140,0
14 ³⁰	139,0	142,0	143,0	135,0	138,0	138,0	135,0	138,0
15 ³⁰	139,0	143,0	143,5	134,5	139,0	137,0	137,0	141,0
16 ³⁰	140,0	139,0	143,0	134,0	137,0	140,0	135,0	137,0
17 ³⁰	139,0	127,0	142,0	137,0	137,5	137,5	135,0	130,0
18 ³⁰	140,0	143,5	141,0	138,0	139,0	140,0	133,0	139,0
19 ³⁰	143,0	142,5	141,0	136,0	139,5	138,0	145,0	137,0
20 ³⁰	142,0	141,0	141,0	136,5	136,0	135,0	137,0	136,0
21 ³⁰	141,0	140,0	139,5	135,0	139,0	134,0	128,0	136,0
22 ³⁰	138,0	139,0	136,0	138,0	140,0	128,0	134,0	136,0
23 ³⁰	140,0	138,0	139,5	137,0	139,0	134,0	139,0	135,0
0 ³⁰	141,0	141,0	139,5	138,0	138,0	138,0	134,0	134,0
1 ³⁰	140,5	139,0	140,0	136,5	135,0	135,0	134,0	135,0
2 ³⁰	140,0	141,0	140,0	138,0	138,0	134,5	134,5	133,5
3 ³⁰	142,0	139,5	141,0	137,0	139,0	134,0	136,5	136,0
4 ³⁰	140,0	139,0	139,5	134,0	138,0	136,0	132,0	134,0
5 ³⁰	142,0	139,0	139,5	137,0	141,0	136,0	132,0	135,0

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Natrium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

h	Rd.9	10	11	12	13	14	15
6 ³⁰	135,0	132,5	134,0	138,0	134,0	138,0	132,5
7 ³⁰	136,0	135,0	134,0	135,0	136,5	138,0	133,0
8 ³⁰	137,0	135,0	137,0	135,0	136,5	136,5	133,0
9 ³⁰	136,0	134,0	137,0	136,0	135,5	136,0	135,0
10 ³⁰	141,0	135,0	135,0	137,0	136,0	140,0	133,0
11 ³⁰	142,0	134,0	134,0	136,0	134,0	138,0	134,0
12 ³⁰	140,5	134,0	134,0	134,0	137,5	137,0	136,0
13 ³⁰	140,0	136,0	133,0	134,0	139,0	139,0	134,0
14 ³⁰	139,5	138,0	136,0	134,5	138,0	135,0	136,0
15 ³⁰	138,0	136,0	140,0	132,0	140,0	141,0	140,0
16 ³⁰	140,0	137,0	137,5	136,0	140,0	139,0	139,0
17 ³⁰	139,0	135,0	138,0	137,0	142,0	140,0	137,0
18 ³⁰	138,0	135,0	135,0	134,0	138,0	138,0	134,0
19 ³⁰	140,0	134,0	134,0	134,0	134,0	138,5	138,0
20 ³⁰	142,0	136,0	136,0	134,0	135,5	138,0	136,0
21 ³⁰	134,0	134,0	136,0	132,0	137,0	137,0	138,0
22 ³⁰	135,0	133,5	137,5	136,0	135,0	134,0	139,0
23 ³⁰	134,0	134,0	134,0	136,0	136,0	138,0	135,5
0 ³⁰	138,0	135,5	135,0	135,0	136,5	138,0	136,5
1 ³⁰	135,0	136,0	135,0	134,0	136,0	137,0	138,0
2 ³⁰	136,0	134,0	136,0	134,5	136,0	136,0	133,0
3 ³⁰	135,0	136,0	132,0	134,0	134,0	134,5	135,0
4 ³⁰	138,0	134,0	134,0	136,0	134,0	137,0	135,0
5 ³⁰	137,0	134,0	136,0	136,0	134,0	135,0	135,0

Tabelle 2

Kalium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

h	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8
6 ³⁰	3,95	3,95	4,30	4,10	4,10	4,60	4,20	4,20
7 ³⁰	3,80	4,70	4,80	4,50	4,20	4,40	4,50	4,30
8 ³⁰	4,05	4,10	4,30	4,70	4,30	4,55	4,00	4,00
9 ³⁰	3,35	3,70	4,40	4,50	3,60	3,95	3,60	3,80
10 ³⁰	3,95	4,70	4,35	4,05	4,00	4,20	3,80	3,80
11 ³⁰	4,10	4,00	4,40	3,70	4,60	4,05	3,80	4,85
12 ³⁰	4,10	4,55	4,40	4,55	4,00	4,65	4,00	4,80
13 ³⁰	3,50	4,80	4,75	4,30	3,20	4,40	3,90	4,90
14 ³⁰	4,00	4,60	4,50	4,00	3,80	3,85	3,80	4,30
15 ³⁰	3,50	4,70	4,15	3,70	3,90	4,00	4,20	4,30
16 ³⁰	3,80	4,40	4,65	4,00	4,25	4,20	3,80	4,10
17 ³⁰	4,80	4,65	4,40	4,45	4,60	4,60	4,50	4,00
18 ³⁰	3,80	4,10	4,40	4,90	4,20	4,90	4,45	4,40
19 ³⁰	4,10	4,30	4,95	4,25	4,10	4,90	4,50	4,40
20 ³⁰	3,85	4,50	4,80	4,30	4,10	4,80	4,90	4,40
21 ³⁰	3,80	4,25	4,90	4,25	4,60	4,35	4,30	4,70
22 ³⁰	3,50	4,20	5,05	4,35	3,80	4,60	4,10	4,60
23 ³⁰	3,70	4,45	4,90	4,30	4,80	3,80	4,30	4,45
0 ³⁰	3,70	4,45	4,70	4,05	4,10	4,90	4,20	4,00
1 ³⁰	3,45	4,35	4,80	4,20	4,30	5,20	4,40	4,20
2 ³⁰	4,40	4,20	4,50	4,90	5,00	4,90	4,10	4,40
3 ³⁰	4,10	4,10	4,50	4,30	5,00	5,00	4,35	4,60
4 ³⁰	4,45	4,45	4,80	4,35	4,60	4,60	3,90	4,80
5 ³⁰	4,20	4,20	4,80	4,10	4,60	4,60	3,90	4,50

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Kalium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

h	Rd.9	10	11	12	13	14	15
6 ³⁰	4,20	4,30	4,55	4,10	4,20	4,10	4,20
7 ³⁰	4,20	4,30	4,50	4,25	4,30	4,40	4,40
8 ³⁰	4,05	4,00	4,20	4,25	4,30	4,20	4,00
9 ³⁰	3,70	4,10	3,95	4,40	4,10	3,70	4,20
10 ³⁰	3,85	3,50	3,80	3,90	4,20	4,50	4,00
11 ³⁰	3,80	4,70	4,00	4,30	4,10	4,30	4,20
12 ³⁰	4,30	4,50	4,00	4,00	4,30	4,00	3,80
13 ³⁰	4,00	4,40	3,70	3,80	4,00	4,20	3,95
14 ³⁰	3,90	3,60	4,45	3,50	4,30	3,90	3,80
15 ³⁰	3,50	3,60	4,20	3,80	4,10	4,00	3,60
16 ³⁰	4,10	4,10	4,00	4,00	4,00	4,20	3,60
17 ³⁰	4,60	3,60	4,10	4,00	4,20	4,25	3,70
18 ³⁰	4,30	4,70	4,60	4,20	4,50	4,40	4,00
19 ³⁰	4,10	4,20	4,10	4,30	4,60	4,40	4,30
20 ³⁰	4,40	4,30	4,30	4,30	4,70	4,20	4,60
21 ³⁰	4,40	4,10	4,10	4,20	4,50	4,20	4,30
22 ³⁰	4,30	4,35	4,30	4,10	4,40	4,50	4,60
23 ³⁰	4,50	4,20	4,30	4,30	4,90	4,70	4,40
0 ³⁰	4,80	4,80	4,40	4,45	4,60	4,65	4,55
1 ³⁰	4,65	4,60	4,50	4,50	4,60	4,40	4,80
2 ³⁰	4,60	4,60	4,60	4,20	4,40	4,25	4,20
3 ³⁰	4,10	4,90	4,35	4,45	4,70	4,60	4,40
4 ³⁰	4,70	4,50	4,20	4,25	4,30	4,65	4,40
5 ³⁰	4,40	4,20	4,50	4,25	4,70	4,55	4,60

Tabelle 3

Calcium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

h	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8
6 ³⁰	4,70	4,70	4,60	4,80	4,90	5,20	4,30	5,05
7 ³⁰	5,10	4,85	4,60	4,80	5,30	5,00	4,50	5,15
8 ³⁰	5,20	5,00	4,60	4,90	5,00	5,00	4,40	4,80
9 ³⁰	4,80	4,95	4,65	4,70	4,70	4,90	4,35	5,00
10 ³⁰	5,40	5,10	4,50	4,75	4,65	4,85	4,20	4,85
11 ³⁰	5,30	4,85	4,50	4,55	4,55	4,85	4,30	5,05
12 ³⁰	5,00	5,00	4,30	4,70	4,70	4,80	4,35	5,20
13 ³⁰	5,30	5,10	4,50	4,60	4,80	4,75	4,55	5,10
14 ³⁰	5,40	5,10	4,35	4,60	4,75	4,95	4,45	5,00
15 ³⁰	5,00	4,80	4,55	4,40	4,85	4,95	4,45	5,05
16 ³⁰	4,80	4,90	4,70	4,50	4,95	4,95	4,80	4,95
17 ³⁰	4,70	5,00	4,80	4,60	5,05	4,95	4,55	4,75
18 ³⁰	4,90	4,90	4,90	5,00	4,90	5,10	4,40	4,90
19 ³⁰	4,85	5,00	4,75	4,70	5,10	5,25	4,45	4,90
20 ³⁰	4,75	4,80	4,75	4,70	4,90	5,30	4,60	4,90
21 ³⁰	4,85	4,85	4,85	4,70	5,00	4,70	4,10	4,90
22 ³⁰	4,70	5,00	4,90	4,85	4,85	4,90	4,40	5,00
23 ³⁰	4,80	4,70	4,90	4,80	5,00	4,60	4,90	5,25
0 ³⁰	4,70	4,60	4,60	4,75	4,80	5,20	4,30	5,10
1 ³⁰	4,80	4,90	4,55	4,70	5,00	5,45	4,40	5,10
2 ³⁰	4,70	4,70	4,55	4,80	5,10	5,15	4,45	5,00
3 ³⁰	4,65	5,00	4,60	4,75	5,20	5,20	4,90	4,85
4 ³⁰	4,65	4,75	4,75	4,65	5,00	5,10	4,30	4,95
5 ³⁰	4,70	4,90	4,65	4,65	5,25	5,20	4,30	4,90

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Calcium-Serumwerte der 15 Kühe (Untersuchungsgruppe I)

h	Rd. 9	10	11	12	13	14	15
6 ³⁰	5,05	4,40	5,00	4,80	4,85	5,00	4,90
7 ³⁰	5,10	4,70	4,75	4,90	5,05	5,10	4,70
8 ³⁰	5,10	5,00	4,90	5,20	4,75	5,00	4,70
9 ³⁰	5,30	5,30	4,80	5,20	4,75	4,80	4,60
10 ³⁰	5,10	4,60	4,50	4,80	4,80	5,00	4,65
11 ³⁰	4,90	5,00	4,55	5,00	4,80	4,70	4,65
12 ³⁰	5,00	4,60	4,60	4,80	5,20	4,70	4,70
13 ³⁰	4,95	4,80	4,70	4,90	5,00	5,00	4,60
14 ³⁰	4,90	4,80	4,50	5,10	5,00	4,70	4,80
15 ³⁰	4,90	4,50	4,80	4,90	5,10	4,90	4,90
16 ³⁰	5,15	4,50	4,60	4,90	5,00	4,90	4,95
17 ³⁰	5,20	4,40	4,60	4,80	4,95	4,90	4,90
18 ³⁰	5,00	4,70	5,10	4,80	5,25	4,85	4,80
19 ³⁰	5,10	4,50	4,70	5,00	5,10	5,00	4,85
20 ³⁰	5,30	4,65	4,80	5,10	5,10	4,70	4,70
21 ³⁰	5,30	4,85	4,60	4,80	5,20	4,75	4,90
22 ³⁰	5,20	4,80	4,75	4,70	5,00	4,70	4,90
23 ³⁰	5,10	4,90	4,90	5,00	5,00	4,90	4,80
0 ³⁰	5,50	4,65	5,00	5,00	5,20	4,90	4,80
1 ³⁰	5,40	4,55	4,70	5,00	5,00	4,90	4,80
2 ³⁰	5,40	4,70	4,80	4,80	5,00	4,70	4,70
3 ³⁰	4,85	4,60	5,15	5,10	4,90	4,70	4,75
4 ³⁰	5,30	4,90	4,60	5,20	4,80	5,00	4,90
5 ³⁰	5,30	4,60	5,00	5,00	5,00	5,05	4,70

Tabelle 4

Natrium-Serumwerte der 10 Kühe (Untersuchungsgruppe II)

h	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	131,0	131,0	132,0	134,0	133,0	133,5	133,0	135,0	135,0	133,0
9	132,0	135,0	135,0	133,5	133,0	132,0	133,0	134,0	136,0	134,0
11	135,5	135,0	134,5	135,0	134,0	132,0	131,0	135,0	137,0	135,0
13	134,5	134,5	133,5	135,0	134,0	131,0	134,0	135,0	136,0	134,0
15	132,5	135,0	133,0	134,5	132,0	130,0	133,0	137,0	136,0	136,5
17	133,5	133,5	132,0	135,0	132,0	132,0	134,0	134,5	134,0	134,0
19	133,0	132,0	133,0	137,0	136,0	132,0	133,0	136,0	133,0	133,0
21	133,0	132,0	131,5	137,0	134,0	130,0	132,0	135,0	134,0	132,0
23	134,0	132,0	133,0	139,0	130,0	132,5	133,0	134,5	135,0	134,0
1	133,5	131,0	134,0	141,0	133,0	131,0	135,0	133,0	132,0	134,0
3	133,0	130,0	134,5	138,0	131,0	133,0	133,0	132,0	133,0	132,0
5	130,0	131,5	131,5	144,0	134,0	132,0	134,0	130,0	129,0	134,0
7	132,0	134,0	134,0	141,0	135,0	131,0	138,0	130,0	134,0	134,0
9	135,0	134,0	136,0	142,0	134,0	134,5	138,0	130,0	131,0	135,0
11	137,0	138,0	141,5	141,0	138,0	133,0	137,0	132,0	136,0	136,0
13	135,0	137,0	147,0	143,5	137,5	134,0	136,0	133,0	134,0	138,0
15	139,0	138,0	142,0	141,0	136,0	140,0	137,0	133,0	135,0	139,0
17	135,0	140,0	140,5	136,0	136,0	134,0	135,0	132,0	134,0	134,0
19	134,0	136,5	137,0	132,0	138,0	132,0	132,0	132,5	134,0	135,0
21	137,0	139,0	136,0	132,5	138,0	132,0	136,0	131,0	133,0	130,0
23	134,5	138,0	136,0	132,0	134,0	133,0	134,5	131,0	133,0	130,0
1	135,0	137,0	138,5	132,0	133,5	134,0	136,0	130,0	132,0	130,0
3	133,5	139,0	139,0	132,0	131,0	132,0	135,0	130,0	133,0	131,0
5	130,0	136,0	136,0	130,0	133,0	134,0	135,0	132,0	134,0	134,0
7	133,0	134,0	136,0	130,0	132,0	135,5	134,0	130,0	133,0	136,0
9	132,5	132,0	135,0	132,0	134,0	132,0	135,0	135,0	137,0	135,0
11	132,0	134,0	136,0	132,0	136,0	135,0	137,0	134,0	134,0	132,0
13	137,0	133,5	134,0	135,0	136,0	134,0	139,0	135,0	136,0	136,0
15	134,0	136,0	139,0	133,0	137,0	136,0	137,5	140,0	136,0	136,0
17	133,0	134,0	135,0	131,0	132,0	133,0	135,0	138,5	138,0	133,0
19	133,5	134,0	135,0	131,0	132,0	133,0	134,0	136,0	142,0	135,0
21	132,0	137,0	135,0	130,0	133,0	132,5	132,0	136,5	141,0	136,0
23	132,0	134,0	136,0	130,0	133,0	131,0	133,0	135,5	136,0	134,0
1	130,0	132,0	134,0	130,0	132,0	134,0	132,5	135,0	135,0	138,0
3	132,0	132,0	131,0	129,0	130,0	131,0	131,0	135,5	143,0	132,0
5	132,0	138,0	136,0	130,0	130,0	131,0	132,0	134,0	140,0	134,0
7	130,0	131,0	132,0	131,0	131,0	131,0	130,0	135,5	136,0	136,0
9	132,0	132,5	134,0	133,0	132,0	130,0	133,0	136,0	137,0	135,0
11	134,0	135,0	132,0	135,0	134,0	131,0	135,0	137,0	137,0	139,0
13	136,5	132,5	131,0	134,0	136,0	133,0	136,0	136,0	137,0	140,0
15	136,0	132,0	133,0	137,0	135,0	135,5	137,5	138,0	139,0	139,0
17	135,0	132,0	134,5	138,0	135,0	134,0	133,5	139,0	138,0	139,0

Tabelle 5

Kalium-Serumwerte dār 10 Kūhe (Untersuchungsgruppe II)

h	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	4,00	4,50	3,60	4,35	4,05	4,15	4,05	4,50	4,50	4,50
9	3,90	3,60	4,35	4,35	4,00	4,10	4,00	4,40	4,30	4,05
11	4,70	4,35	4,00	4,10	3,70	4,20	3,95	4,05	4,80	4,40
13	3,95	4,00	4,40	4,10	4,25	4,00	4,20	4,00	4,30	4,20
15	3,50	3,70	4,40	3,90	4,00	3,80	3,95	4,30	4,10	4,70
17	3,70	3,80	4,05	4,35	3,90	4,00	4,10	4,20	4,30	4,05
19	4,00	3,90	4,10	4,50	4,20	3,95	4,05	4,35	4,70	4,35
21	4,10	4,10	4,20	4,60	4,20	4,30	4,30	4,40	4,60	4,35
23	4,35	4,30	4,30	4,30	4,10	4,05	4,45	4,40	4,60	4,35
1	4,45	4,30	5,50	4,40	4,20	4,55	4,60	4,50	4,65	4,20
3	4,40	4,20	5,50	4,35	4,35	4,15	4,20	4,50	4,80	4,10
5	4,35	4,30	4,80	4,70	4,20	4,10	4,40	4,50	4,40	4,00
7	4,50	4,10	5,00	4,30	3,90	4,30	4,15	4,40	4,40	4,05
9	4,20	4,10	4,20	4,30	3,60	3,85	4,00	4,20	4,10	4,00
11	4,05	4,25	4,80	4,40	3,70	3,95	4,10	4,20	4,55	3,90
13	5,10	4,10	4,00	4,15	3,85	3,75	4,25	4,20	4,40	4,00
15	5,20	3,75	4,00	3,75	3,80	4,10	3,80	3,85	4,10	3,80
17	4,50	4,40	4,60	3,55	4,35	4,35	4,10	4,05	3,65	3,30
19	4,90	4,75	4,40	3,95	4,55	3,95	4,30	3,95	4,55	3,50
21	4,80	4,80	4,40	3,95	4,70	4,10	4,60	4,50	4,60	3,60
23	4,70	4,70	4,70	4,00	4,30	4,30	4,30	4,45	4,60	3,60
1	4,75	4,75	4,70	4,40	4,40	4,60	4,20	4,25	4,80	3,60
3	5,20	4,80	4,50	4,30	4,05	4,25	4,50	4,10	4,55	3,20
5	5,20	4,50	4,50	4,20	4,20	4,10	4,40	4,35	4,65	3,60
7	5,40	4,10	4,40	3,90	4,20	4,15	4,40	4,05	4,30	3,50
9	4,40	3,90	4,00	3,90	3,60	3,85	3,70	3,90	3,95	3,40
11	4,90	3,80	4,25	4,30	4,00	4,00	4,40	3,90	4,20	3,65
13	4,75	3,85	4,30	4,70	4,40	4,05	4,70	4,10	4,35	3,55
15	4,25	3,80	4,50	4,20	3,70	4,65	4,10	3,70	3,75	3,20
17	4,90	4,10	5,00	4,20	4,00	4,70	4,85	3,65	3,70	3,00
19	4,50	5,15	4,10	4,20	4,15	4,70	4,85	3,90	4,10	3,40
21	4,20	4,15	4,25	4,40	4,20	4,40	4,65	3,90	4,10	3,45
23	4,60	4,35	4,20	4,40	4,20	4,80	4,25	4,20	4,40	3,40
1	4,60	4,35	4,80	4,50	4,45	4,50	4,90	4,40	3,60	4,20
3	4,65	4,10	4,50	4,20	4,15	4,35	4,20	4,40	4,55	3,75
5	4,50	4,90	4,50	4,30	4,00	4,40	4,20	4,40	4,45	3,80
7	4,40	4,40	4,90	4,40	3,30	4,05	4,30	3,90	4,30	3,20
9	3,90	4,10	4,80	3,40	3,30	4,40	3,70	3,75	3,90	3,40
11	4,30	4,15	4,70	3,70	3,60	3,90	4,00	3,65	3,45	4,30
13	4,60	4,35	4,90	4,10	3,60	4,00	4,20	4,05	3,60	3,60
15	4,25	4,30	4,00	3,50	3,50	3,70	3,70	3,55	3,20	3,65
17	4,60	4,00	4,20	3,50	3,50	3,40	4,10	3,50	4,10	3,30

Tabelle 6

Ca-Serumwerte der 10 Kühe (Untersuchungsgruppe II)

h	Rd.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	5,35	5,30	5,30	4,95	4,80	4,50	4,60	4,90	4,50	5,00
9	5,15	4,80	5,10	4,90	4,90	4,70	4,65	4,80	4,45	4,90
11	5,00	5,10	5,10	4,70	5,00	4,70	4,55	4,85	4,60	4,75
13	5,05	5,20	5,15	4,90	5,00	4,60	4,70	4,75	4,60	4,55
15	5,10	5,35	5,35	4,85	4,85	4,55	4,65	5,00	4,55	4,75
17	5,10	5,40	5,00	5,00	4,60	4,40	4,65	4,90	4,50	4,80
19	5,25	5,50	5,10	5,00	4,80	4,50	4,85	4,85	4,60	4,90
21	5,20	5,40	5,00	5,05	4,80	4,60	4,75	4,90	4,75	5,00
23	5,20	5,40	5,20	4,80	4,95	4,70	4,75	4,95	4,90	5,20
1	5,25	5,60	5,25	5,00	4,90	4,95	5,00	5,00	4,65	4,85
3	5,30	5,50	5,20	5,10	4,90	4,60	4,80	5,00	4,70	4,80
5	5,20	5,50	5,00	5,20	4,80	4,60	4,60	4,90	4,30	4,90
7	5,20	5,35	5,00	5,00	4,75	4,65	4,70	4,70	4,60	4,85
9	5,15	5,15	5,00	5,05	4,80	4,55	4,65	4,80	4,55	4,90
11	4,90	5,10	4,90	4,90	4,60	4,50	4,45	4,90	4,60	5,05
13	4,90	5,10	5,20	4,85	4,90	4,45	4,50	5,00	4,60	5,10
15	4,80	5,00	5,15	4,60	4,50	4,45	4,60	5,00	4,65	5,20
17	4,95	5,10	5,10	4,75	4,70	4,45	4,65	4,65	4,40	4,70
19	4,90	5,05	5,05	4,80	4,60	4,45	4,70	4,75	4,60	4,80
21	4,75	5,05	4,95	4,90	4,40	4,60	4,75	4,75	4,50	4,85
23	5,00	5,15	5,10	4,85	4,70	4,50	4,60	4,75	4,60	4,70
1	4,95	5,10	5,20	4,80	4,50	4,75	4,55	4,70	4,55	4,80
3	5,00	5,40	5,10	4,90	4,70	4,50	4,85	5,00	4,55	4,60
5	5,05	5,15	5,20	4,70	4,50	4,40	4,70	4,90	4,80	4,75
7	4,95	5,05	4,85	4,65	4,50	4,35	4,65	4,65	4,70	4,75
9	5,10	5,70	4,95	4,25	5,50	4,05	4,30	4,60	4,50	4,60
11	4,80	4,90	4,70	4,90	4,40	4,30	4,60	4,75	4,50	4,45
13	4,70	4,80	4,50	4,70	4,50	4,40	4,70	4,75	4,60	4,40
15	4,90	4,80	4,60	4,50	4,35	4,50	4,50	5,00	4,60	4,90
17	4,70	4,85	4,90	4,70	4,20	4,50	4,60	4,70	4,50	4,60
19	4,80	5,00	4,75	4,70	4,60	4,45	4,75	4,85	4,60	4,55
21	4,85	5,10	4,75	4,85	4,90	4,50	5,00	4,75	4,60	4,50
23	4,90	5,30	4,70	4,85	5,00	4,50	4,70	4,75	4,85	4,50
1	4,90	5,00	4,85	4,95	4,70	4,50	4,85	4,65	4,95	4,60
3	4,90	4,95	4,80	5,00	4,70	4,35	4,65	5,10	4,80	4,80
5	5,00	5,50	4,80	4,70	4,50	4,40	4,50	5,20	4,70	4,90
7	4,90	5,10	5,00	4,70	4,00	4,40	4,60	5,00	4,60	4,60
9	4,90	4,90	4,65	4,40	4,30	4,50	4,75	4,95	4,50	4,50
11	4,60	4,65	4,80	4,45	4,20	4,50	4,50	5,00	4,55	4,40
13	4,75	4,50	4,70	4,60	4,55	4,60	4,70	4,50	4,75	4,50
15	4,70	4,50	4,75	4,40	4,40	4,50	4,70	4,70	4,70	4,65
17	4,70	4,50	4,70	4,40	4,30	4,40	4,50	4,80	4,40	4,70

Lebenslauf

Am 1. 6. 1937 wurde ich als Sohn des Fleischermeisters Willi Sprenger und seiner Ehefrau Klara, geb. Schulze in Lieberose N/L geboren.

Von 1943 bis 1952 besuchte ich die Volksschule in Lieberose. 1956 bestand ich an der Oberschule in Altdöbern N/L die Reifeprüfung.

Danach studierte ich bis 1961 10 Semester Veterinärmedizin an der Humboldt-Universität Berlin. Mein Staatsexamen bestand ich am 20. Juli 1962 an der Freien Universität Berlin.

Vom 1. August 1962 bis 30. Januar 1963 war ich Veterinärpraktikant an der Klinik für Tiergeburtshilfe und Klauentierkrankheiten der Freien Universität Berlin.

Zur Zeit bin ich wissenschaftlicher Hilfsassistent im Institut für Veterinär-Pharmakologie, Abteilung für Experimentelle Therapie und Funktionelle Pathologie der Freien Universität Berlin.

